UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50032-2003

室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范

Code for seismic design of outdoor water supply, sewerage, gas and heating engineering

2003-04-25 发布

2003-09-01 实施

中华人民共和国建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 联合发布

中华人民共和国国家标准

室外给水排水和燃气热力工程
抗震设计规范

Code for seismic design of outdoor water supply, sewerage, gas and heating engineering

GB 50032－2003

主编部门：北 京 市 规 划 委 员 会
批准部门：中华人民共和国建设部
施行日期：2 0 0 3 年 9 月 1 日

中国建筑工业出版社

2003 北 京

中华人民共和国国家标准

室外给水排水和燃气热力工程

抗震设计规范

Code for seismic design of outdoor water supply, sewerage, gas and heating engineering

GB 50032—2003

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

各地新华书店、建筑书店经销

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：3¾ 字数：100千字

2003年7月第一版 2009年6月第三次印刷

定价：**16.00**元

统一书号：15112·17644

本社网址：http://www.cabp.com.cn

网上书店：http://www.china-building.com.cn

中华人民共和国建设部
公　告

第 145 号

建设部关于发布国家标准《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》的公告

现批准《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》为国家标准，编号为 GB 50032—2003，自 2003 年 9 月 1 日起实施。其中，第 1.0.3、3.4.4、3.4.5、3.6.2、3.6.3、4.1.1、4.1.4、4.2.2、4.2.5、5.1.1、5.1.4、5.1.10、5.1.11、5.4.1、5.4.2、5.5.2、5.5.3、5.5.4、6.1.2、6.1.5、7.2.8、9.1.5、10.1.2 条为强制性条文，必须严格执行。原《室外给水排水和煤气热力工程抗震设计规范》TJ 32—78 同时废止。

本规范由建设部定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国建设部

2003 年 4 月 25 日

前　言

根据建设部要求，由主编部门北京市规划委员会组织北京市市政工程设计研究总院和北京市煤气热力工程设计院共同对《室外给水排水和煤气热力工程抗震设计规范》TJ 32—78 进行修订，经有关部门专家会审，批准为国家标准，改名为《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB 50032—2003。

随着地震工程学科的发展和新的震害反映的积累，TJ 32—78 在内容上和技术水准上已明显呈现不足，为此需加以修订。此外，在工程结构设计标准体系上，亦已由单一安全系数转向以概率统计为基础的极限状态设计方法，据此抗震设计亦需与之相协调匹配，对原规范进行必要的修订。

本规范共有 10 章及 3 个附录，内容包括总则、主要符号、抗震设计的基本要求、场地、地基和基础、地震作用和结构抗震验算、盛水构筑物、贮气构筑物、泵房、水塔、管道等。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。本规范将来可能需要进行局部修订，有关局部修订的信息和条文内容将刊登在《工程建设标准化》杂志上。

本规范由建设部负责管理和对强制性条文的解释，北京市规划委员会负责具体管理，北京市市政工程设计研究总院负责具体技术内容的解释。

为提高规范的质量，请各单位在执行本规范过程中，结合工程实践，认真总结经验，并将意见和建议寄交北京市市政工程设计研究总院（地址：北京市西城区月坛南街乙二号；邮编：100045）。

本标准主编单位：北京市市政工程设计研究总院

参编单位：北京市煤气热力工程设计院

主要起草人员：沈世杰　刘雨生　雷宜泰

钟启承　王乃震　舒亚俐

目　　次

1 总　　则

1.0.1 为贯彻执行《中华人民共和国建筑法》和《中华人民共和国防震减灾法》，并施行以预防为主的方针，使室外给水、排水和燃气、热力工程设施经抗震设防后，减轻地震破坏，避免人员伤亡，减少经济损失，特制订本规范。

1.0.2 按本规范进行抗震设计的构筑物及管网，当遭遇低于本地区抗震设防烈度的多遇地震影响时，一般不致损坏或不需修理仍可继续使用。当遭遇本地区抗震设防烈度的地震影响时，构筑物不需修理或经一般修理后仍能继续使用；管网震害可控制在局部范围内，避免造成次生灾害。当遭遇高于本地区抗震设防烈度预估的罕遇地震影响时，构筑物不致严重损坏，危及生命或导致重大经济损失；管网震害不致引发严重次生灾害，并便于抢修和迅速恢复使用。

1.0.3 抗震设防烈度为6度及高于6度地区的室外给水、排水和燃气、热力工程设施，必须进行抗震设计。

1.0.4 抗震设防烈度应按国家规定的权限审批、颁发的文件（图件）确定。

1.0.5 本规范适用于抗震设防烈度为6度至9度地区的室外给水、排水和燃气、热力工程设施的抗震设计。

对抗震设防烈度高于9度或有特殊抗震要求的工程抗震设计，应按专门研究的规定设计。

注：本规范以下条文中，一般略去“抗震设防烈度”表叙字样，对“抗震设防烈度为6度、7度、8度、9度”简称为“6度、7度、8度、9度”。

1.0.6 抗震设防烈度可采用现行的中国地震动参数区划图的地震基本烈度（或与本规范设计基本地震加速度值对应的烈度值）；

对已编制抗震设防区划的地区或厂站，可按经批准的抗震设防区划确认的抗震设防烈度或抗震设计地震动参数进行抗震设防。

1.0.7 对室外给水、排水和燃气、热力工程系统中的下列建、构筑物（修复困难或导致严重次生灾害的建、构筑物），宜按本地区抗震设防烈度提高一度采取抗震措施（不作提高一度抗震计算），当抗震设防烈度为9度时，可适当加强抗震措施。

1 给水工程中的取水构筑物和输水管道、水质净化处理厂内的主要水处理构筑物和变电站、配水井、送水泵房、氯库等；

2 排水工程中的道路立交处的雨水泵房、污水处理厂内的主要水处理构筑物和变电站、进水泵房、沼气发电站等；

3 燃气工程厂站中的贮气罐、变配电室、泵房、贮瓶库、压缩间、超高压至高压调压间等；

4 热力工程主干线中继泵站内的主厂房、变配电室等。

1.0.8 对位于设防烈度为6度地区的室外给水、排水和燃气、热力工程设施，可不作抗震计算；当本规范无特别规定时，抗震措施应按7度设防的有关要求采用。

1.0.9 室外给水、排水和燃气、热力工程中的房屋建筑的抗震设计，应按现行的《建筑抗震设计规范》GB 50011执行；水工建筑物的抗震设计，应按现行的《水工建筑物抗震设计规范》SDJ 10执行；本规范中未列入的构筑物的抗震设计，应按现行的《构筑物抗震设计规范》GB 50191执行。

2 主要术语、符号

2.1 术　语

2.1.1 地震作用　earthquake action

由地震动引起的结构动态作用，包括水平地震作用和竖向地震作用。

2.1.2 抗震设防烈度　seismic fortification intensity

按国家规定的权限批准作为一个地区抗震设防依据的地震烈度。

2.1.3 设计地震动参数　design parameter of ground motion

抗震设计采用的地震加速度（速度、位移）时程曲线、加速度反应谱和峰值加速度。

2.1.4 设计基本加速度　design basic acceleration of ground motion

50 年设计基准期超越概率 10%的地震加速度的设计取值。

2.1.5 设计特征周期　design characteristic period of ground motion

抗震设计采用的地震影响系数曲线中，反映地震震级、震中距和场地类别等因素的下降段起点对应的周期值。

2.1.6 场地　site

工程群体所在地，具有相同的反应谱特征。其范围相当于厂区、居民小区和自然村或不小于 $1.0km^2$ 的平面面积。

2.1.7 抗震概念设计　seismic conceptual design

根据地震震害和工程经验所获得的基本设计原则和设计思想，进行结构总体布置并确定细部抗震措施的过程。

2.1.8 抗震措施　seismic fortification measures

除地震作用计算和抗震计算以外的抗震内容，包括抗震构造措施。

2.2 符　　号

2.2.1 作用和作用效应

F_{EK}、F_{EVK}——结构上的水平、竖向地震作用的标准值；

G_E、G_{eq}——地震时结构（构件）的重力荷载代表值、等效总重力荷载代表值；

p——基础底面压力；

s——地震作用效应与其他荷载效应的基本组合；

s_E——地震作用效应（弯矩、轴向力、剪力、应力和变形）；

s_K——作用、荷载标准值的效应；

$\Delta_{pl,k}$——地震引起半个视波长范围内管道沿管轴向的位移量标准值。

2.2.2 材料性能和抗力

f、f_K、f_E——各种材料的强度设计值、标准值和抗震设计值；

K——结构（构件）的刚度；

R——结构构件承载力；

$[u_a]$——管道接头的允许位移量。

2.2.3 几何参数

A——构件截面面积；

d——土层深度或厚度；

H——结构高度、池壁高度；

H_w——池内水深；

L——剪切波的波长；

l——构件长度；

l_p——每根管子的长度。

2.2.4 计算参数

f_w——动水压力系数；

α——水平地震影响系数；

α_{max}、α_{Vmax}——水平地震、竖向地震影响系数最大值；

γ_{RE}——承载力抗震调整系数；

η——地震作用效应调整系数；

ψ——拉杆影响系数；

ψ_{λ}——结构杆件长细比影响系数；

ζ_{t}——沿管道方向的位移传递系数。

3 抗震设计的基本要求

3.1 规 划 与 布 局

3.1.1 位于地震区的大、中城市中的给水水源、燃气气源、集中供热热源和排水系统，应符合下列要求：

1 水源、气源和热源的设置不宜少于两个，并应在规划中确认布局在城市的不同方位；

2 对取地表水作为主要水源的城市，在有条件时宜配置适量的取地下水备用水源井；

3 在统筹规划、合理布局的前提下，用水较大的工业企业宜自建水源供水；

4 排水系统宜分区布局，就近处理和分散出口。

3.1.2 地震区的大、中城市中给水、燃气和热力的管网和厂站布局，应符合下列要求：

1 给水、燃气干线应敷设成环状；

2 热源的主干线之间应尽量连通；

3 净水厂、具有调节水池的加压泵房、水塔和燃气贮配站、门站等，应分散布置。

3.1.3 排水系统内的干线与干线之间，宜设置连通管。

3.2 场地影响和地基、基础

3.2.1 对工程建设的场地，应根据工程地质、地震地质资料及地震影响按下列规定判别出有利、不利和危险地段：

1 坚硬土或开阔平坦密实均匀的中硬土地段，可判为有利建设场地；

2 软弱土、液化土、非岩质的陡坡、条状突出的山嘴、高耸孤立的山丘、河岸边缘、断层破碎地带、故河道及暗埋的塘浜

沟谷地段，应判为不利建设场地；

3 地震时可能发生滑坡、崩塌、地陷、地裂、泥石流等及发震断裂带上可能发生地表错位的地段，应判为危险建设场地。

3.2.2 建设场地的选择，应符合下列要求：

1 宜选择有利地段；

2 应尽量避开不利地段；当无法避开时，应采取有效的抗震措施；

3 不应在危险地段建设。

3.2.3 位于Ⅰ类场地上的构筑物，可按本地区抗震设防烈度降低一度采取抗震构造措施，但设计基本地震加速度为 $0.15g$ 和 $0.30g$ 地区不降；计算地震作用时不降；抗震设防烈度为 6 度时不降。

3.2.4 对地基和基础的抗震设计，应符合下列要求：

1 当地基受力层范围内存在液化土或软弱土层时，应采取措施防止地基承载力失效、震陷和不均匀沉降导致构筑物或管网结构损坏。

2 同一结构单元的构筑物不宜设置在性质截然不同的地基土上，并不宜部分采用天然地基、部分采用桩基等人工地基。当不可避免时，应采取有效措施避免震陷导致损坏结构，例如设置变形缝分离，加设垫褥等方法。

3 同一结构单元的构筑物，其基础宜设置在同一标高上；当不可避免存在高差时，基础应缓坡相接，缓坡坡度不宜大于 1:2。

4 当构筑物基底受力层内存在液化土、软弱黏性土或严重不均匀土层时，虽经地基处理，仍应采取措施加强基础的整体性和刚度。

3.3 地震影响

3.3.1 工程设施所在地区遭受的地震影响，应采用相应于抗震设防烈度的设计基本地震加速度和设计特征周期或本规范第

1.0.5 条规定的设计地震动参数作为表征。

3.3.2 抗震设防烈度和设计基本地震加速度取值的对应关系，应符合表 3.3.2 的规定。设计基本地震加速度为 0.15*g* 和 0.30*g* 地区的工程设施，应分别按抗震设防烈度 7 度和 8 度的要求进行抗震设计。

表 3.3.2 抗震设防烈度和设计基本地震加速度的对应关系

抗震设防烈度	6	7	8	9
设计基本地震加速度	0.05*g*	0.10*g* (0.15*g*)	0.20*g* (0.30*g*)	0.40*g*
注：*g* 为重力加速度。				

3.3.3 设计特征周期应根据工程设施所在地区的设计地震分组和场地类别确定。本规范的设计地震共分为三组。

3.3.4 我国主要城镇（县级及县级以上城镇）中心地区的抗震设防烈度、设计基本地震加速度值和所属的设计地震分组，可按本规范附录 A 采用。

3.4 抗震结构体系

3.4.1 抗震结构体系应根据建筑物、构筑物和管网的使用功能、材质、建设场地、地基地质、施工条件和抗震设防要求等因素，经技术经济综合比较后确定。

3.4.2 给水、排水和燃气、热力工程厂站中建筑物的建筑设计中有关规则性的抗震概念设计要求，应按现行《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定执行。

3.4.3 构筑物的平面、竖向布置，应符合下列要求：

1 构筑物的平面、竖向布置宜规则、对称，质量分布和刚度变化宜均匀；相邻各部分间刚度不宜突变。

2 对体型复杂的构筑物，宜设置防震缝将结构分成规则的结构单元；当设置防震缝有困难时，应对结构进行整体抗震计算，针对薄弱部位，采取有效的抗震措施。

3　防震缝应根据抗震设防烈度、结构类型及材质、结构单元间的高差留有足够宽度，其两侧上部结构应完全分开，基础可不分；当防震缝兼作变形缝（伸缩、沉降）时，基础亦应分开。变形缝的缝宽，应符合防震缝的要求。

3.4.4　构筑物和管道的结构体系，应符合下列要求：

1　应具有明确的计算简图和合理的地震作用传递路线；

2　应避免部分结构或构件破坏而导致整个体系丧失承载能力；

3　同一结构单元应具有良好的整体性；对局部削弱或突变形成的薄弱部位，应采取加强措施。

3.4.5　结构构件及其连接，应符合下列要求：

1　混凝土结构构件应合理选择截面尺寸及配筋，避免剪切先于弯曲破坏、混凝土压溃先于钢筋屈服，钢筋锚固先于构件破坏；

2　钢结构构件应合理选择截面尺寸，防止局部或整体失稳；

3　构件节点的承载力，不应低于其连接构件的承载力；

4　装配式结构的连接，应能保证结构的整体性；

5　管道与构筑物、设备的连接处（含一定距离内），应配置柔性构造措施；

6　预应力混凝土构件的预应力钢筋，应在节点核心区以外锚固。

3.5　非结构构件

3.5.1　非结构构件，包括建筑非结构构件和各种设备，这类构件自身及其与结构主体的连接，应由相关专业人员分别负责进行抗震设计。

3.5.2　围护墙、隔墙等非承重受力构件，应与主体结构有可靠连接；当位于出入口、通道及重要设备附近处，应采取加强措施。

3.5.3　幕墙、贴面等装饰物，应与主体结构有可靠连接。不宜

设置贴镶或悬吊较重的装饰物，当必要时应加强连接措施或防护措施，避免地震时脱落伤人。

3.5.4 各种设备的支座、支架和连接，应满足相应烈度的抗震要求。

3.6 结构材料与施工

3.6.1 给水、排水和燃气、热力工程厂站中建筑物的结构材料与施工要求，应符合现行《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

3.6.2 钢筋混凝土盛水构筑物和地下管道管体的混凝土等级，不应低于 C 25。

3.6.3 砌体结构的砖砌体强度等级不应低于 MU10，块石砌体的强度等级不应低于 MU20；砌筑砂浆应采用水泥砂浆，其强度等级不应低于 M7.5。

3.6.4 在施工过程中，不宜以屈服强度更高的钢筋替代原设计的受力钢筋；当不能避免时，应按钢筋强度设计值相等的原则换算，并应满足正常使用极限状态和抗震要求的构造措施规定。

3.6.5 毗连构筑物及与构筑物连接的管道，当坐落在回填土上时，回填土应严格分层压实，其压实密度应达到该回填土料最大压实密度的 95% ~ 97%。

3.6.6 混凝土构筑物和现浇混凝土管道的施工缝处，应严格剔除浮浆、冲洗干净，先铺水泥浆后再进行二次浇筑，不得在施工缝处铺设任何非胶结材料。

4　场地、地基和基础

4.1　场　　地

4.1.1　建（构）筑物、管道场地的类别划分，应以土层的等效剪切波速和场地覆盖层厚度的综合影响作为判别依据。

4.1.2　在场地勘察时，对测定土层剪切波速的钻孔数量，应符合下列要求：

1　在初勘阶段，对大面积同一地质单元，应为控制性钻孔数量的1/3～1/5；对山间河谷地区可适量减少，但不宜少于3个孔。

2　在详勘阶段，对每个建（构）筑物不宜少于2个孔，当处于同一地质单元，且建（构）筑物密集时，虽测孔数可适量减少，但不得少于1个。对地下管道不应少于控制性钻孔的1/2。

4.1.3　对厂站内的小型附属建（构）筑物或埋地管道，当无实测剪切波速或实测数量不足时，可根据各层岩土名称及性状，按表4.1.3划分土的类型，并依据当地经验或已测得的少量剪切波速数据，参照表4.1.3内给出的波速范围内判定各土层的剪切波速。

表 4.1.3　土的类型划分和剪切波速范围

土的类型	岩土名称和性状	剪切波速范围（m/s）
坚硬土或岩石	稳定岩石，密实的碎石土。	$V_S > 500$
中硬土	中密、稍密的碎石土，密实、中密的砾、粗、中砂，$f_{ak} > 200$的粘性土和粉土，坚硬黄土。	$500 \geq V_S > 250$
中软土	稍密的砾、粗、中砂，除松散外的细、粉砂，$f_{ak} \leq 200$的粘性土和粉土，$f_{ak} \geq 130$的填土，可塑黄土。	$250 \geq V_S > 140$

续表 4.1.3

土的类型	岩土名称和性状	剪切波速范围 (m/s)
软弱土	淤泥和淤泥质土，松散的砂，新近沉积的粘性土和粉土，$f_{ak}<130$ 的填土，新近堆积黄土和流塑黄土。	$V_S \leqslant 140$
注：f_{ak}为地基静承载力特征值（kPa）； V_S 为岩土剪切波速。		

4.1.4　工程场地覆盖层厚度的确定，应符合下列要求：

1　一般情况下，应按地面至剪切波速大于 500m/s 土层顶面的距离确定；

2　当地面 5m 以下存在剪切波速大于相邻上层土剪切波速的 2.5 倍的土层，且其下卧土层的剪切波速均不小于 400m/s 时，可取地面至该土层顶面的距离确定。

3　剪切波速大于 500m/s 的孤石、透镜体，应视同周围土层；

4　土层中的火山岩硬夹层，应视为刚体，其厚度应从覆盖土层中扣除。

4.1.5　土层等效剪切波速应按下列公式计算

$$V_{se} = \frac{d_0}{t} \tag{4.1.5-1}$$

$$t = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{d_i}{V_{si}}\right) \tag{4.1.5-2}$$

式中　V_{se}——土层等效剪切波速（m/s）；

d_0——计算深度（m），取覆盖层厚度和 20m 两者的较小值；

t——剪切波在地表与计算深度之间传播的时间（s）；

d_i——计算深度范围内第 i 土层的厚度（m）；

n——计算深度范围内土层的分层数；

V_{si}——计算深度范围内第 i 层土层的剪切波速（m/s）。

4.1.6 建（构）筑物和管道的场地类别，应根据土层等效剪切波速和场地覆盖层厚度按表 4.1.6 的划分确定。

表 4.1.6 场地类别划分表

场地类别 / 覆盖层厚度（m） / 等效剪切波速（m/s）	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
$V_{se} > 500$	0			
$500 \geq V_{se} > 250$	<5	≥5		
$250 \geq V_{se} > 140$	<3	3～50	>50	
$V_{se} \leq 140$	<3	3～15	16～80	>80

4.1.7 当厂站或埋地管道工程的场地遭遇发震断裂时，应对断裂影响做出评价。符合下列条件之一者，可不考虑发震断裂错动对建（构）筑物和埋地管道的影响。

1 抗震设防烈度小于 8 度；

2 非全新世活动断裂；

3 抗震设防烈度为 8 度、9 度地区，前第四纪基岩隐伏断裂的土层覆盖厚度分别大于 60m、90m。

当不能满足上述条件时，首先应考虑避开主断裂带，其避开距离不宜少于表 4.1.7 的规定。如管道无法避免时，应采取必要的抗震措施或控制震害的应急措施。

表 4.1.7 避开发震断裂的最小距离表（m）

工程类别 / 烈度	厂 站	管道工程	
		输水、气、热	配管、排水管
8	300	300	200
9	500	500	300

注：1 避开距离指至主断裂外缘的水平距离。

2 厂站的避开距离应为主断裂带外缘至厂站内最近建（构）筑物的距离。

4.1.8 当需要在条状突出的山嘴、高耸孤立的山丘、非岩质的陡坡、河岸和边坡边缘等抗震不利地段建造建（构）筑物时，除应确保其在地震作用下的稳定性外，尚应考虑该场地的震动放大作用。相应各种条件下地震影响系数的放大系数（λ），可按表4.1.8采用。

表 4.1.8 地震影响系数的放大系数 λ 表

突出高度 H(m) / $\frac{B}{H}$ / 突出台地坡降 H/L	岩质地层	$H<20$	$20\leq H<40$	$40\leq H<60$	$H\geq 60$
	非岩质地层	$H<5$	$5\leq H<15$	$15\leq H<25$	$H\geq 25$
$\frac{H}{L}<0.3$	$\frac{B}{H}<2.5$	1.00	1.10	1.20	1.30
	$2.5\leq\frac{B}{H}<5$	1.00	1.06	1.12	1.18
	$\frac{B}{H}\geq 5$	1.00	1.03	1.06	1.09
$0.3\leq\frac{H}{L}<0.6$	$\frac{B}{H}<2.5$	1.10	1.20	1.30	1.40
	$2.5\leq\frac{B}{H}<5$	1.06	1.12	1.18	1.24
	$\frac{B}{H}\geq 5$	1.03	1.06	1.09	1.12
$0.6\leq\frac{H}{L}<1.0$	$\frac{B}{H}<2.5$	1.20	1.30	1.40	1.50
	$2.5\leq\frac{B}{H}<5$	1.12	1.18	1.24	1.30
	$\frac{B}{H}\geq 5$	1.06	1.09	1.12	1.15
$\frac{H}{L}\geq 1.0$	$\frac{B}{H}<2.5$	1.30	1.40	1.50	1.60
	$2.5\leq\frac{B}{H}<5$	1.18	1.24	1.30	1.36
	$\frac{B}{H}\geq 5$	1.09	1.12	1.15	1.18

注：表中 B 为建（构）筑物至突出台地边缘的距离；
L 为突出台地边坡的水平长度。

4.1.9 对场地岩土工程勘察，除应按国家有关标准的规定执行外，尚应根据实际需要划分对抗震有利、不利和危险的地段，并提供建设场地类别及岩土的地震稳定性（滑坡、崩塌、液化及震陷特性等）评价。

4.2 天然地基和基础

4.2.1 天然地基上的埋地管道和下列建（构）筑物，可不进行地基和基础的抗震验算：

1 本规范规定可不进行抗震验算的建（构）筑物；

2 设防烈度为7度、8度或9度时，水塔及地基的静力承载力标准值分别大于80、100、120kPa且高度不超过25m的建（构）筑物。

4.2.2 对天然地基进行抗震验算时，应采用地震作用效应标准组合；相应地基抗震承载力应取地基承载力特征值乘以地基抗震承载力调整系数确定。

4.2.3 地基土的抗震承载力应按下式计算：

$$f_{aE} = f_a \cdot \zeta_a \quad (4.2.2)$$

式中 f_{aE}——调整后的地基抗震承载力；

f_a——深宽修正后的地基土承载力特征值，应按现行《建筑地基基础设计规范》GB 50007的规定确定；

ζ_a——地基抗震承载力调整系数，应按表4.2.3采用。

表4.2.3 地基土抗震承载力调整系数（ζ_a）

岩土名称和性状	ζ_a
岩石，密实的碎石土，密实的砾、粗、中砂，$f_{aK} \geq 300$kPa的粘性土和粉土。	1.5
中密、稍密的碎石土，中密、稍密的砾、粗、中、砂，密实、中密的细、粉砂，$150\text{kPa} \leq f_{aK} < 300$kPa的粘性土和粉土，坚硬黄土。	1.3
稍密的细、粉砂，$100\text{kPa} \leq f_{aK} < 150$kPa的粘性土和粉土，新近沉积的粘性土和粉土，可塑黄土。	1.1
淤泥，淤泥质土，松散的砂，填土，新近堆积黄土。	1.0

4.2.4 对天然地基验算地震作用下的竖向承载力时，应符合下式要求：

$$p \leqslant f_{aE} \tag{4.2.3-1}$$

$$p_{max} \leqslant 1.2 f_{aE} \tag{4.2.3-2}$$

式中 p——在地震作用效应标准组合下的基底平均压力；

p_{max}——在地震作用效应标准组合下的基底最大压力。

对高宽比大于4的建（构）筑物，在地震作用下基础底面不宜出现零压应力区；其他建（构）筑物允许出现零压应力区，但其面积不应超过基础底面积的15%。

4.2.5 设防烈度为8度或9度，当建（构）筑物的地基土持力层为软弱粘性土（f_{aK}小于100kPa、120kPa）时，对下列建（构）筑物应进行抗震滑动验算：

1 矩形敞口地面式水池，底板为分离式的独立基础挡水墙。

2 地面式泵房等厂站构筑物，未设基础梁的柱间支撑部位的柱基等。

验算时，抗滑阻力可取基础底面上的摩擦力与基础正侧面上的水平土抗力之和。水平土抗力的计算取值不应大于被动土压力的1/3。抗滑安全系数不应小于1.10。

4.3 液化土和软土地基

4.3.1 饱和砂土或粉土（不含黄土）的液化判别及相应的地基处理，对位于设防烈度为6度地区的建（构）筑物和管道工程可不考虑。

4.3.2 在地面以下15m或20m范围内的饱和砂土或粉土（不含黄土），当符合下列条件之一时，可初步判为不液化或不考虑液化影响：

1 地质年代为第四纪晚更新世（Q_3）及其以前、设防烈度为7度、8度时；

2 粉土的黏粒（粒径小于0.005mm的颗粒）含量百分率，7度、8度和9度分别不小于10、13和16时；

注：黏粒含量判别系采用六偏磷酸钠作分散剂测定，采用其他方法时应按有关规定换算。

3 当上覆非液化土层厚度和地下水位深度符合下列条件之一时，可不考虑液化影响：

$$d_u > d_0 + d_b - 2 \qquad (4.3.2\text{-}1)$$

$$d_w > d_0 + d_b - 3 \qquad (4.3.2\text{-}2)$$

$$d_u + d_w > 1.5d_0 + d_b - 4.5 \qquad (4.3.2\text{-}3)$$

式中 d_u——上覆盖非液化土层厚度（m），淤泥和淤泥质土层不宜计入；

d_w——地下水位深度（m），宜按工程使用期内的年平均最高水位采用；当缺乏可靠资料时，也可按近期内年最高水位采用；

d_b——基础埋置深度（m），当不大于 2m 时，应按 2m 计算；

d_0——液化土特征深度（m），可按表 4.3.2 采用。

表 4.3.2 液化土特征深度（m）

设防烈度 饱和土类别	7	8	9
粉土	6	7	8
砂土	7	8	9

4.3.3 饱和砂土或粉土经初步液化判别后，确认需要进一步做液化判别时，应采用标准贯入试验法。当标准贯入锤击数实测值（未经杆长修正）小于液化判别标准贯入锤击数临界值时，应判为液化土。

液化判别标准贯入锤击数临界值可按下式计算：

1 当 $d_s \leqslant 15\text{m}$ 时：

$$N_{cr} = N_0[0.9 + 0.1(d_s - d_w)]\sqrt{\frac{3}{\rho_c}} \qquad (4.3.3\text{-}1)$$

2 当 $d_s \geqslant 15\text{m}$ 时（适用于基础埋深大于 5m 或采用桩基

时）：

$$N_{cr} = N_0(2.4 - 0.1d_w)\sqrt{\frac{3}{\rho_c}} \qquad (4.3.3\text{-}2)$$

式中　d_s——标准贯入点深度（m）；

N_{cr}——液化判别标准贯入锤击数临界值；

N_0——液化判别标准贯入锤击数基准值，应按表4.3.3采用；

ρ_c——粘粒含量百分率，当小于3或为砂土时应取3计算。

表4.3.3　标准贯入锤击数基准值（N_0）

设计地震分组 ＼ 设防烈度	7	8	9
第一组	6（8）	10（13）	16
第二、三组	8（10）	12（15）	18
注：括号内数值适用于设计基本地震加速度为0.15g和0.30g的地区。			

4.3.4　当地基中15m或20m深度内存在液化土层时，应探明各液化土层的深度和厚度，并按下式计算每个钻孔的液化指数：

$$I_{lE} = \sum_{i=1}^{n}\left(1 - \frac{N_i}{N_{cri}}\right)d_i w_i \qquad (4.3.4)$$

式中　I_{lE}——液化指数；

n——每一个钻孔15m或20m深度范围内液化土中标准贯入试验点的总数；

N_i、N_{cri}——分别为深度i点处标准贯入锤击数的实测值和临界值，当实测值大于临界值时应取临界值的数值；

d_i——i点所代表的土层厚度（m），可采用与该标准贯入试验点相邻的上、下两标准贯入试验点深度差的一半，但上界不高于地下水位深度，下界不深于液化深度；

w_i——i 土层考虑单位土层厚度的层位影响权函数值（单位为 m^{-1}），当该层中点的深度不大于 5m 时应取 10，等于 15m 或 20m（根据判别深度）时应取为 0，5～15m 或 20m 时应按线性内插法取值。

注：对第 1.0.7 条规定的构筑物，可按本地区抗震设防烈度的要求计算液化指数。

4.3.5 对存在液化土层的地基，应根据其钻孔的液化指数按表 4.3.5 确定液化等级。

表 4.3.5 液化等级划分表

判别深度 \ 液化等级	轻微	中等	严重
15	$0 < I_{lE} \leqslant 5$	$5 < I_{lE} \leqslant 15$	$I_{lE} > 15$
20	$0 < I_{lE} \leqslant 6$	$6 < I_{lE} \leqslant 18$	$I_{lE} > 18$

4.3.6 未经处理的液化土层一般不宜作为天然地基的持力层。对地基的抗液化处理措施，应根据建（构）筑物和管道工程的使用功能、地基的液化等级，按表 4.3.6 的规定选择采用。

表 4.3.6 抗液化措施

工程项目类别 \ 液化等级		轻微	中等	严重
第 1.0.6 条规定的工程项目		B 或 C	A 或 B + C	A
厂站内其他建（构）筑物		C	B 或 C	A 或 B + C
管道	输水、气、热干线	D	C	B + C
	配管主干线	D	C	B + D
	一般配管	不采取措施	D	C

注：A——全部消除地基液化沉陷；
B——部分消除地基液化沉陷；
C——减小不均匀沉陷、提高结构对不均匀沉陷的适应能力；
D——提高管道结构适应不均匀沉陷的能力。

4.3.7 全部消除地基液化沉陷的措施，应符合下列要求：

1 采用桩基时，应符合本章第4节有关条款的要求；

2 采用深基础时，基础底面应埋入液化深度以下的稳定土层中，其埋入深度不应小于500mm；

3 采用加密法（如振冲、振动加密、碎石桩挤密，强夯等）加固时，处理深度应达到液化深度下界；处理后桩间土的标准贯入锤击数实测值不宜小于相应的液化标准贯入锤击数临界值（N_{cr}）。

4 采用换土法时，应挖除全部液化土层；

5 采用加密法或换土法时，其处理宽度从基础底面外边缘算起，不应小于基底处理深度的1/2，且不应小于2m。

4.3.8 部分清除地基液化沉陷的措施，应符合下列要求：

1 处理深度应使处理后的地基液化指数不大于4（判别深度为15m时）或5（判别深度为20m时）；对独立基础或条形基础，尚不应小于基底液化土层特征深度值（d_0）和基础宽度的较大值。

2 土层当采用振冲或挤密碎石桩加固时，加固后的桩间土的标准贯入锤击数，应符合4.3.7条3款的要求。

3 基底平面的处理宽度，应符合4.3.7条5款的要求。

4.3.9 减轻液化沉陷影响，对建（构）筑物基础和上部结构的处理，可根据工程具体情况采用下列各项措施：

1 选择合适的基础埋置深度；

2 调整基础底面积，减少基础偏心；

3 加强基础的整体性和刚度，如采用整体底板（筏基）等；

4 减轻荷载，增强上部结构的整体性、刚度和均匀对称性，合理设置沉降缝，对敞口式构筑物的壁顶加设圈梁等。

4.3.10 提高管道适应液化沉陷能力，应符合下列要求：

1 对埋地的输水、气、热力管道，宜采用钢管；

2 对埋地的承插式接口管道，应采用柔性接口；

3 对埋地的矩形管道，应采用钢筋混凝土现浇整体结构，并沿线设置具有抗剪能力的变形缝，缝宽不宜小于20mm，缝距

一般不宜大于15m；

4 当埋地圆形钢筋混凝土管道采用预制平口接头管时，应对该段管道做钢筋混凝土满包，纵向钢筋的总配筋率不宜小于0.3%；并应沿线加密设置变形缝（构造同3款要求），缝距一般不宜大于10m；

5 架空管道应采用钢管，并应设置适量的活动、可挠性连接构造。

4.3.11 设防烈度为8度、9度地区，当建（构）筑物地基主要受力层内存在淤泥、淤泥质土等软弱黏性土层时，应符合下列要求：

1 当软弱黏性土层上覆盖有非软土层，其厚度不小于5m（8度）或8m（9度）时，可不考虑采取消除软土震陷的措施。

2 当不满足要求时，消除震陷可采用桩基或其他地基加固措施。

4.3.12 厂站建（构）筑物或地下管道傍故河道、现代河滨、海滨、自然或人工坡边建造，当地基内存在液化等级为中等或严重的液化土层时，宜避让至距常时水线150m以外；否则应对地基做有效的抗滑加固处理，并应通过抗滑动验算。

4.4 桩　　基

4.4.1 设防烈度为7度或8度地区，承受竖向荷载为主的低承台桩基，当地基无液化土层时，可不进行桩基抗震承载力验算。

4.4.2 当地基无液化土层时，低承台桩基的抗震验算，应符合下列规定：

1 单桩的竖向和水平向抗震承载力设计值，可比静载时提高25%；

2 当承台四周侧面的回填土的压实系数不低于90%时，可考虑承台正面填土抗力与桩共同承担水平地震作用，但不应计入承台底面与地基土间的摩擦力。

承台正面填土的土抗力，可按朗金被动土压力的1/3计算。

4.4.3 当地基内存在液化土层时，低承台的抗震验算，应符合下列规定：

1 对一般浅基础不宜计入承台正面填土的土抗力作用；

2 当桩承台底面上、下分别有厚度不小于1.5m、1.0m的非液化土层时，可按下列两种情况进行桩的抗震验算，并按不利情况设计：

(1) 桩承受全部地震作用，桩承载力按本节第4.4.2条规定采用，但液化土的桩周摩阻力及桩水平抗力均应乘以表4.4.3所列的折减系数；

表 4.4.3 土层液化影响折减系数

λ_N	深度 d_s (m)	折减系数
$\lambda_N \leqslant 0.6$	$d_s < 10$	0
	$10 < d_s \leqslant 20$	1/3
$0.6 < \lambda_N \leqslant 0.8$	$d_s < 10$	1/3
	$10 < d_s \leqslant 20$	2/3
$0.8 < \lambda_N \leqslant 1.0$	$d_s < 10$	2/3
	$10 < d_s \leqslant 20$	1

注：λ_N 为液化土层的标准贯入锤击数实测值与相应的临界值之比。

(2) 地震作用按水平地震影响系数最大值的10%采用，桩承载力按本节第4.4.2条规定采用，但应扣除液化土层的全部摩阻力及桩承台下2m深度范围内非液化土的桩周摩阻力。

4.4.4 厂站内的各类盛水构筑物，其基础为整体式筏基，当采用预制桩或其他挤土桩，且桩距不大于4倍桩径时，打桩后桩间土的标准贯入锤击数达到不液化要求时，其单桩承载力可不折减，但对桩尖持力层做强度校核时，桩群外侧的应力扩散角应取为零。

4.4.5 处于液化土中的桩基承台周围，应采用非液化土回填夯实。

4.4.6 存在液化土层的桩基，桩的箍筋间距应加密，宜与桩顶部相同，加密范围应自桩顶至液化土层下界面以下2倍桩径处；在此范围内，桩的纵向钢筋亦应与桩顶保持一致。

5 地震作用和结构抗震验算

5.1 一 般 规 定

5.1.1 各类厂站构筑物的地震作用，应按下列规定确定：

1 一般情况下，应对构筑物结构的两个主轴方向分别计算水平向地震作用，并进行结构抗震验算；各方向的水平地震作用，应由该方向的抗侧力构件全部承担。

2 设有斜交抗侧力构件的结构，应分别考虑各抗侧力构件方向的水平地震作用。

3 设防烈度为9度时，水塔、污泥消化池等盛水构筑物、球形贮气罐、水槽式螺旋轨贮气罐、卧式圆筒形贮气罐应计算竖向地震作用。

5.1.2 各类构筑物的结构抗震计算，应采用下列方法：

1 湿式螺旋轨贮气罐以及近似于单质点体系的结构，可采用底部剪力法计算；

2 除第1款规定外的构筑物，宜采用振型分解反应谱法计算。

5.1.3 管道结构的抗震计算，应符合下列规定：

1 埋地管道应计算地震时剪切波作用下产生的变位或应变；

2 架空管道可对支承结构作为单质点体系进行抗震计算。

5.1.4 计算地震作用时，构筑物（含架空管道）的重力荷载代表值应取结构构件、防水层、防腐层、保温层（含上覆土层）、固定设备自重标准值和其他永久荷载标准值（侧土压力、内水压力）、可变荷载标准值（地表水或地下水压力等）之和。可变荷载标准值中的雪荷载、顶部和操作平台上的等效均布荷载，应取50%计算。

5.1.5 一般构筑物的阻尼比（ζ）可取0.05，其水平地震影响系

数应根据烈度、场地类别、设计地震分组及结构自振周期按图5.1.5采用，其形状参数应符合下列规定：

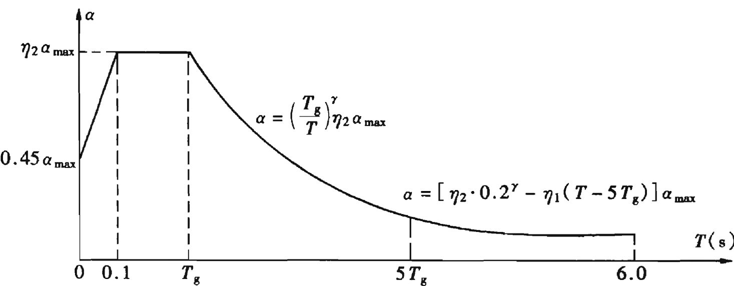


图 5.1.5 地震影响系数曲线

α—地震影响系数；α_{max}—水平地震影响系数最大值；T_g—特征周期；T—结构自振周期；η_1—直线下降段斜率调整系数；η_2—阻尼调整系数；γ—衰减指数。

1 周期小于0.1s的区段，应为直线上升段。

2 自0.1s至特征周期区段，应为水平段，相应阻尼调整系数为1.0，地震影响系数为最大值 α_{max}，应按本规范5.1.7条规定采用。

3 自特征周期 T_g 至5倍特征周期区段，应为曲线下降段，其衰减指数（γ）应采用0.9。

4 自5倍特征周期至6s区段，应为直线下降段，其下降斜率调整系数（η_i）应取0.02。

5 特征周期应根据本规范附录A列出的设计地震分组按表5.1.5的规定采用。

注：当结构自振周期大于6.0s时，地震影响系数应作专门研究确定。

表 5.1.5 特征周期值（s）

设计地震分组 \ 场地类别	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
第一组	0.25	0.35	0.45	0.65
第二组	0.30	0.40	0.55	0.75
第三组	0.35	0.45	0.65	0.90

5.1.6 当构筑物结构的阻尼比（ζ）不等于0.05时，其水平地震影响系数曲线仍可按图5.1.5确定，但形状参数应按下列规定调整：

1 曲线下降段的衰减指数应按下式确定：

$$\gamma = 0.9 + \frac{0.05 - \zeta}{0.5 + 5\zeta} \tag{5.1.6-1}$$

2 直线下降段的下降斜率调整系数应按下式确定：

$$\eta_1 = 0.02 + \frac{0.05 - \zeta}{8} \tag{5.1.6-2}$$

当 η_1 值小于零时，应取零。

5.1.7 水平地震影响系数最大值的取值，应符合下列规定：

1 当构筑物结构的阻尼比为0.05时，多遇地震的水平地震影响系数最大值应按表5.1.7采用。

表 5.1.7 多遇地震的水平地震影响系数最大值（$\zeta = 0.05$）

烈 度	6	7	8	9
α_{max}	0.04	0.08（0.12）	0.16（0.24）	0.32
注：括号中数值分别用于设计基本地震加速度取值为0.15g和0.30g的地区（本规范附录A）。				

2 当构筑物结构的阻尼比不等于0.05时，阻尼调整系数（η_2）应按下式计算：

$$\eta_2 = 1 + \frac{0.05 - \zeta}{0.06 + 1.7\zeta} \tag{5.1.7}$$

当 $\eta_2 < 0.55$ 时，应取0.55。

5.1.8 构筑物结构的自振周期，可按本规范有关各章的规定确定；当采用实测周期时，应根据实测方法乘以1.1～1.4系数。

5.1.9 当考虑竖向地震作用时，竖向地震影响系数的最大值（α_{Vmax}）可取水平地震影响系数最大值的65%。

5.1.10 当按水平地震加速度计算构筑物或管道结构的地震作用

时，其设计基本地震加速度值应按表 3.3.2 采用。

5.1.11 构筑物和管道结构的抗震验算，应符合下列规定：

1 设防烈度为 6 度或本规范有关各章规定不验算的结构，可不进行截面抗震验算，但应符合相应设防烈度的抗震措施要求。

2 埋地管道承插式连接或预制拼装结构（如盾构、顶管等），应进行抗震变位验算。

3 除 1、2 款外的构筑物、管道结构均应进行截面抗震强度或应变量验算；对污泥消化池、挡墙式结构等，尚应进行抗震稳定验算。

5.2 构筑物的水平地震作用和作用效应计算

5.2.1 当采用基底剪力法时，结构的水平地震作用计算简图可按图 5.2.1 采用；水平地震作用标准值应按下列公式确定：

$$F_{EK} = \alpha_1 G_{eq} \tag{5.2.1-1}$$

$$F_i = \frac{G_i H_i}{\sum_{j=1}^{n} G_j \cdot H_j} \tag{5.2.1-2}$$

式中 F_{EK}——结构总水平地震作用标准值；

α_1——相应于结构基本自振周期的水平地震影响系数值，应按本章第 5.1.5 条的规定确定；

G_{eq}——结构等效总重力荷载代表值；单质点应取总重力荷载代表值；多质点可取总重力荷载代表值的 85%；

G_i、G_j——分别为集中于质点 i、j 的重力荷载代表值，应按本章第 5.1.4 条

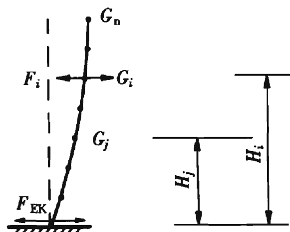


图 5.2.1 水平地震作用计算简图

规定确定；

F_i——质点 i 的水平地震作用标准值；

H_i、H_j——分别为质点 i、j 的计算高度。

5.2.2 当采用振型分解反应谱法时，可不计扭转影响的结构，应按下列规定计算水平地震作用和作用效应：

1 结构 j 振型 i 质点的水平地震作用标准值，应按下列公式确定：

$$F_{ji} = \alpha_j \cdot \gamma_j \cdot \chi_{ji} \cdot G_i \tag{5.2.2-1}$$

$$\gamma_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} \chi_{ji} G_i}{\sum_{i=1}^{n} \chi_{ji}^2 G_i} \tag{5.2.2-2}$$

$$(i = 1,2,\cdots n; j = 1,2,\cdots m)$$

式中 F_{ji}——j 振型 i 质点的水平地震作用标准值；

α_j——相应于 j 振型自振周期的地震影响系数，应按本规范 5.1.5 条的规定确定；

x_{ji}——j 振型 i 质点的水平相对位移；

γ_j——j 振型的参与系数。

2 水平地震作用效应（弯矩、剪力、轴力和变形），应按下式确定：

$$S = \sqrt{\Sigma S_j^2} \tag{5.2.2-3}$$

式中 S——水平地震作用效应；

S_j——j 振型水平地震作用产生的作用效应，可只取前 1～3 个振型；当基本振型的自振周期大于 1.5s 时，所取振型个数可适当增加。

5.2.3 对突出构筑物顶部的小型结构，当采用底部剪力法计算时，其地震作用效应宜乘以增大系数 3.0，此增大部分不应往下传递，但与该突出结构直接相联的构件应予计入。

5.2.4 对于有盖的矩形盛水构筑物应考虑空间作用，其水平地

震作用和作用效应计算，可按本规范有关条文规定确定。

5.2.5 计算水平地震作用时，除本规范专门规定外，一般情况下可不考虑结构与地基土的相互作用影响。

5.3 构筑物的竖向地震作用计算

5.3.1 竖向地震作用除本规范有关条文另有规定外，对筒式或塔式构筑物，其竖向地震作用标准值可按下式确定（图 5.3.1）：

$$F_{EVK} = \alpha_{Vmax} \cdot G_{eqV} \tag{5.3.1-1}$$

$$F_{vi} = F_{EVK} \frac{G_i H_i}{\Sigma G_j H_j} \tag{5.3.1-2}$$

式中 F_{EVK}——结构总竖向地震作用标准值；

F_{Vi}——质点 i 的竖向地震作用标准值；

α_{Vmax}——竖向地震影响系数的最大值，应按第 5.1.9 条的规定确定；

G_{eqV}——结构等效总重力荷载，可取其重力荷载代表值的 75%；

H_i、H_j——分别为质点 i、j 的计算高度。

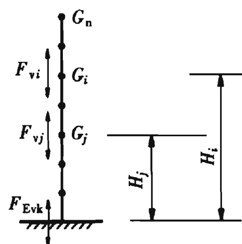


图 5.3.1 结构竖向地震作用计算简图

5.3.2 对长悬臂和大跨度结构的竖向地震作用标准值，当 8 度或 9 度时分别取该结构、构件重力荷载代表值的 10% 或 20%。

5.4 构筑物结构构件截面抗震强度验算

5.4.1 结构构件的地震作用效应和其他作用效应的基本组合，应按下式计算：

$$S = \gamma_G \sum_{i=1}^{n} C_{Gi} G_{Ei} + \gamma_{EH} C_{EH} F_{EH,k} + \gamma_{EV} C_{EV} F_{EV,k} + \psi_t \gamma_t C_t \Delta_{tk} + \psi_w \gamma_w C_w w_k \tag{5.4.1}$$

式中 S——结构构件内力组合设计值，包括组合的弯矩、轴力和剪力设计值；

γ_G——重力荷载分项系数，一般情况应采用1.2，当重力荷载效应对构件承载力有利时，可取1.0；

γ_{EH}、γ_{EV}——分别为水平、竖向地震作用分项系数，应按表5.4.1的规定采用；

γ_t——温度作用分项系数，应取1.4；

γ_w——风荷载分项系数，应取1.4；

G_{Ei}——i项重力荷载代表值，可按5.1.4条的规定采用；

$F_{EH,k}$、$F_{EV,k}$——分别为水平、竖向地震作用标准值；

Δ_{tk}——温度作用标准值；

w_k——风荷载标准值；

ψ_t——温度作用组合系数，可取0.65；

ψ_w——风荷载组合系数，一般构筑物可不考虑(即取零)，对消化池、贮气罐、水塔等较高的筒型构筑物可采用0.2；

C_G、C_{EH}、C_{EV}、C_t、C_w——分别为重力荷载、水平地震作用、竖向地震作用、温度作用和风荷载的作用效应系数，可按弹性理论结构力学方法确定。

表 5.4.1 地震作用分项系数

地震作用	γ_{EH}	γ_{EV}
仅考虑水平地震作用	1.3	—
仅考虑竖向地震作用	—	1.3
同时考虑水平与竖向地震作用	1.3	0.5

5.4.2 结构构件的截面抗震强度验算，应按下式确定：

$$S \leqslant \frac{R}{\gamma_{RE}} \tag{5.4.2}$$

式中 R——结构构件承载力设计值，应按各相关的结构设计规范确定；

γ_{RE}——承载力抗震调整系数，应按表 5.4.2 的规定采用。

表 5.4.2 承载力抗震调整系数

材料	结构构件	受力状态	γ_{RE}
钢	柱	偏压	0.70
	柱间支撑	轴拉、轴压	0.90
	节点板、连接螺栓		0.90
	构件焊缝		1.00
砌体	两端设构造柱、芯柱的抗震墙	受剪	0.90
	其他抗震墙	受剪	1.00
钢筋混凝土	梁	受弯	0.75
	轴压比小于 0.15 的柱	偏压	0.75
	轴压比不小于 0.15 的柱	偏压	0.80
	抗震墙	偏压	0.85
	各类构件	剪、拉	0.85

5.4.3 当仅考虑竖向地震作用时，各类结构构件承载力抗震调整系数均宜采用 1.0。

5.5 埋地管道的抗震验算

5.5.1 埋地管道的地震作用，一般情况可仅考虑剪切波行进时对不同材质管道产生的变位或应变；可不计算地震作用引起管道内的动水压力。

5.5.2 承插式接头的埋地圆形管道，在地震作用下应满足下式要求：

$$\gamma_{EHP}\Delta_{pl,k} \leqslant \lambda_c \sum_{i=1}^{n} [u_a]_i \tag{5.5.2}$$

式中 $\Delta_{pl,k}$——剪切波行进中引起半个视波长范围内管道沿管轴向的位移量标准值；

γ_{EHP}——计算埋地管道的水平向地震作用分项系数，可取 1.20；

$[u_a]_i$——管道 i 种接头方式的单个接头设计允许位移量；

λ_c——半个视波长范围内管道接头协同工作系数，可取 0.64 计算；

n——半个视波长范围内，管道的接头总数。

5.5.3 整体连接的埋地管道，在地震作用下的作用效应基本组合，应按下式确定：

$$S = \gamma_G S_G + \gamma_{EHP} S_{Ek} + \psi_t \gamma_t C_t \Delta_{tk} \tag{5.5.3}$$

式中 S_G——重力荷载（非地震作用）的作用标准值效应；

S_{Ek}——地震作用标准值效应。

5.5.4 整体连接的埋地管道，其结构截面抗震验算应符合下式要求：

$$S \leqslant \frac{|\varepsilon_{ak}|}{\gamma_{PRE}} \tag{5.5.4}$$

式中 $|\varepsilon_{ak}|$——不同材质管道的允许应变量标准值；

γ_{PRE}——埋地管道抗震调整系数，可取 0.90 计算。

6 盛水构筑物

6.1 一般规定

6.1.1 本章内容适用于钢筋混凝土、预应力混凝土和砌体结构的各种功能的盛水构筑物，其他材质的盛水构筑物可参照执行。

6.1.2 当设防烈度为8度、9度时，盛水构筑物不应采用砌体结构。

6.1.3 对盛水构筑物进行抗震验算时，当构筑物高度一半以上埋于地下时，可按地下式结构验算；当构筑物高度一半以上位于地面以上时，可按地面式结构验算。

6.1.4 下列情况的盛水构筑物，当满足抗震构造要求时，可不进行抗震验算：

1 设防烈度为7度各种结构型式的不设变形缝、单层水池；

2 设防烈度为8度的地下式敞口钢筋混凝土和预应力混凝土圆形水池；

3 设防烈度为8度的地下式，平面长宽比小于1.5、无变形缝构造的钢筋混凝土或预应力混凝土的有盖矩形水池。

6.1.5 位于设防烈度为9度地区的盛水构筑物，应计算竖向地震作用效应，并应与水平地震作用效应按平方和开方组合。

6.2 地震作用计算

6.2.1 盛水构筑物在水平地震作用下的自重惯性力标准值，应按下列规定计算（图6.2.1）：

1 地面式水池壁板的自重惯性力标准值，应按下式计算：

$$F_{\mathrm{GWZ,k}} = \eta_{\mathrm{m}} \alpha_1 \gamma_1 g_{\mathrm{w}} \sin\left(\frac{\pi Z}{2H}\right) \tag{6.2.1-1}$$

2 地面式水池顶盖的自重惯性力标准值，应按下式计算：

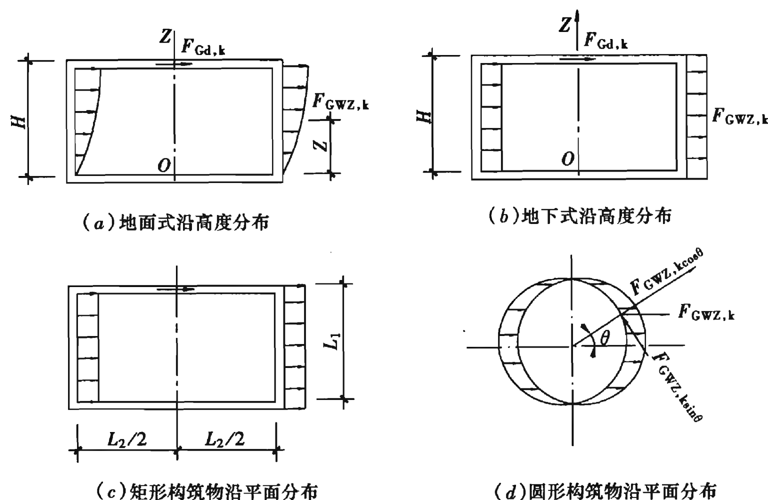


图 6.2.1 自重惯性力分布图

$$F_{Gd,k} = \eta_m \alpha_1 \gamma_1 W_d \tag{6.2.1-2}$$

3 地下式水池池壁和顶盖的自重惯性力标准值，可按式（6.2.1-1）和（6.2.1-2）计算，但应取 $\gamma_1 \alpha_1 \sin\left(\frac{\pi Z}{2H}\right) = \frac{1}{3} K_H$ 和 $\alpha_1 \gamma_1 = \frac{1}{3} K_H$，其中 K_H 为设计基本地震加速度（按表 3.3.2）与重力加速度的比值。

上列式中 $F_{GWZ,k}$——池壁沿高度的自重惯性力标准值(kN/m^2)；

η_m——地震影响系数的调整系数，可取 1.5；

α_1——相应于水池结构基振型的地震影响系数，一般可取 $\alpha_1 = \alpha_{max}$；

γ_1——相应于水池结构基振型的振型参与系数，一般可取 1.10；

g_W——池壁沿高度的单位面积重度（kN/m^2）；

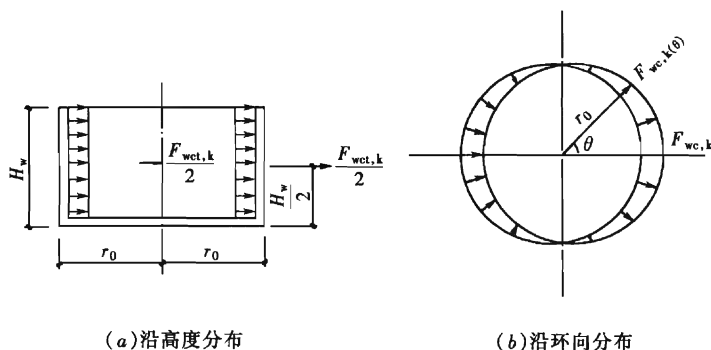
W_d——水池顶盖的自重（kN）；

$F_{Gd,k}$——水池顶盖的自重惯性力标准值（kN）；

H——池壁高度（m）；

Z——计算截面距池壁底端的高度（m）。

6.2.2 圆形水池在水平地震作用下的动水压力标准值，应按下列公式计算（图 6.2.2）：



(*a*)沿高度分布　　　　(*b*)沿环向分布

图 6.2.2　圆形水池动水压力

$$F_{wc,k}(\theta) = K_H \cdot \gamma_W \cdot H_W \cdot f_{wc} \cos\theta \qquad (6.2.2\text{-}1)$$

$$F_{wct,k} = K_H \cdot \gamma_w \cdot \pi \cdot r_0 \cdot H_w^2 \cdot f_{wc} \qquad (6.2.2\text{-}2)$$

式中　$F_{wc,k}(\theta)$——圆形水池的动水压力标准值（kN/m²）；

$F_{wct,k}$——圆形水池动水压力标准值沿地震方向的合力（kN）；

γ_W——池内水的重力密度（kN/m³）；

r_0——水池的内半径（m）；

H_W——池内水深（m）；

θ——计算截面与沿地震方向轴线的夹角；

f_{wc}——圆形水池的动水压力系数，可按表 6.2.2 采用；

K_H——水平地震加速度与重力加速度的比值，应按表 3.3.2 确定。

表 6.2.2 圆形水池动水压力系数 f_{Wc}

水池形式	$\frac{H_W}{r_0}$								
	≤0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2
地面式	0.40	0.39	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25
地下式	0.32	0.30	0.28	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18

6.2.3 矩形水池在水平地震作用下的动水压力标准值，应按下列公式计算（图 6.2.3）：

$$F_{wr,c}=K_H\cdot\gamma_W H_W\cdot f_{wr} \tag{6.2.3-1}$$

$$F_{wrt,k}=2K_H\cdot\gamma_W L_1 H_W^2\cdot f_{wr} \tag{6.2.3-2}$$

式中 $F_{wr,c}$——矩形水池的动水压力标准值（kN/m²）；

$F_{wrt,k}$——矩形水池动水压力沿地震方向的合力（kN）；

L_1——矩形水池垂直地震作用方向的边长（m）；

f_{wr}——矩形水池动水压力系数，可按表 6.2.3 采用。

表 6.2.3 矩形水池动水压力系数 f_{wr}

水池形式	$\frac{L_2}{H_W}$				
	0.5	1.0	1.5	2.0	≥3.0
地面式	0.15	0.24	0.30	0.32	0.35
地下式	0.11	0.18	0.22	0.25	0.27
注：表中 L_2 为矩形水池沿地震作用方向的边长（m）。					

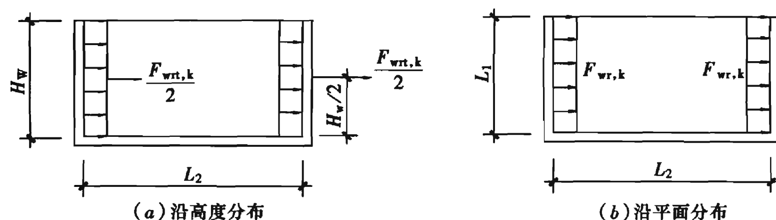


图 6.2.3 矩形水池动水压力

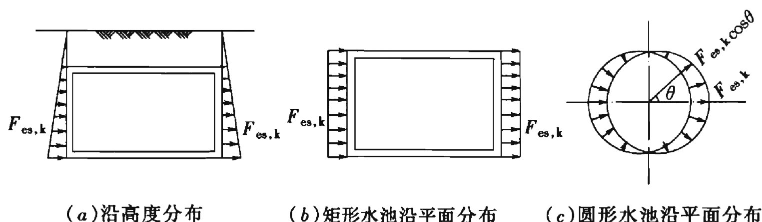
6.2.4 作用在水池池壁上的动土压力标准值，应按下式计算（图 6.2.4）：

$$F_{es,k} = K_H \cdot F_{ep,k} \cdot \mathrm{tg}\phi \qquad (6.2.3\text{-}4)$$

式中 $F_{es,k}$——地震时作用于水池池壁任一高度上的最大土压力增量（kN/m^2）；

$F_{ep,k}$——相应计算高度处的主动土压力标准值（kN/m^2）；当位于地下水位以下时，土的重度应取 $20kN/m^3$；

ϕ——池壁外侧土的内摩擦角，一般情况下可取 30°计算。



（a）沿高度分布　（b）矩形水池沿平面分布　（c）圆形水池沿平面分布

图 6.2.4 动土压力分布图

6.2.5 当设防烈度为 9 度时，水池的顶盖和动水压力应计算竖向地震作用，其作用标准值可按下列公式确定：

1 水池顶盖：

$$F_{GdV,k} = \alpha_{Vmax} \cdot W_d \qquad (6.2.5\text{-}1)$$

2 动水压力（其作用方向同静水压力）：

$$F_{WVE,k} = 0.8\alpha_{Vmax}\gamma_W (H_W - Z) \qquad (6.2.5\text{-}2)$$

式中 $F_{GdV,k}$——水池顶盖的竖向地震作用标准值（kN）；

$F_{WVE,k}$——竖向地震作用下，水池池壁上的动水压力（kN/m^2）；

Z——由池底至计算高度处的距离（m）。

6.2.6 在水平向地震作用下，圆形水池可按竖向剪切梁验算池壁的环向拉力、基础及地基承载力。

池壁的环向拉力标准值可按下式计算：

$$R_{ti,k} = r_c \cos\theta \Sigma F_{ik} \quad (6.2.6)$$

式中 $P_{ti,k}$——沿池壁高度计算截面 i 处，池壁的环向最大拉力标准值（kN/m）；

F_{ik}——计算截面 i 处的水平地震作用标准值（自重惯性力、动水压力、动土压力）（kN/m^2）；

r_c——计算截面 i 处的水池计算半径（m），即圆水池中心至壁厚中心的距离；

θ——由水平地震方向至计算截面的夹角。

6.2.7 有盖的矩形水池，当顶盖结构整体性良好并与池壁、立柱有可靠连接时，在水平向地震作用下的抗震验算应考虑结构体系的空间作用，可按附录 B 进行计算。

6.2.8 水池内部的隔墙或导流墙，在水平地震作用下，应类同于池壁计算其自重惯性力和动水压力的作用及作用效应。

6.3 构 造 措 施

6.3.1 当水池顶盖板采用预制装配结构时，应符合下列构造要求：

1 在板缝内应配置不少于 1ϕ6 钢筋，并应采用 M10 水泥砂浆灌严；

2 板与梁的连接应预留埋件焊接；

3 设防烈度为 9 度时，预制板上宜浇筑二期钢筋混凝土叠合层。

6.3.2 水池顶盖与池壁的连接，应符合下列要求：

1 当顶盖与池壁非整体连接时，顶盖在池壁上的支承长度不应小于 200mm；

2 当设防烈度为 7 度且场地为Ⅲ、Ⅳ类时，砌体池壁的顶部应设置钢筋混凝土圈梁，并应预留埋件与顶盖上的预埋件焊连；

3 当设防烈度为 7 度且场地为Ⅲ、Ⅳ类和设防烈度为 8 度、

9 度时，钢筋混凝土池壁的顶部，应设置预埋件与顶盖内预埋件焊连。

6.3.3 设防烈度为 8 度、9 度时，有盖水池的内部立柱应采用钢筋混凝土结构；其纵向钢筋的总配筋率分别不宜小于 0.6%、0.8%；柱上、下两端 1/8、1/6 高度范围内的箍筋应加密，间距不应大于 10cm；立柱与梁或板应整体连结。

6.3.4 设防烈度为 7 度且场地为Ⅲ、Ⅳ类时，采用砌体结构的矩形水池，在池壁拐角处，每沿 300～500mm 高度内，应加设不少于 3ϕ6 水平钢筋，伸入两侧池壁内的长度不应小于 1.0m。

6.3.5 设防烈度为 8 度、9 度时，采用钢筋混凝土结构的矩形水池，在池壁拐角处，里、外层水平向钢筋的配筋率均不宜小于 0.3%，伸入两侧池壁内的长度不应小于 1/2 池壁高度。

6.3.6 设防烈度为 8 度且位于Ⅲ类、Ⅳ类场地上的有盖水池、池壁高度应留有足够高度的干弦，其高度宜按表 6.3.6 采用。

表 6.3.6 池壁干弦高度（m）

$\frac{H_W}{r_0}$或$\frac{2H_w}{L_2}$ / 场地类别	≤0.2	0.3	0.4	0.5
Ⅲ	0.30	0.30	0.30 (0.35)	0.35 (0.40)
Ⅳ	0.30 (0.40)	0.35 (0.45)	0.40 (0.50)	0.50 (0.60)

注：1 按$\frac{H_W}{r_0}$或$\frac{2H_w}{L_2}$确定的无需插入，就近采用即可；

2 表中括号内数值适用于设计基本地震加速度为 0.30g 地区。

6.3.7 水池内部的导流墙与立柱的连接，应采取有效措施避免立柱在干弦高度范围内形成短柱。

7 贮气构筑物

7.1 一般规定

7.1.1 本章内容适用于燃气工程中的钢制球形贮气罐（简称球罐），卧式圆筒形贮气罐（简称卧罐）和水槽式螺旋轨贮气罐（简称湿式罐）。

7.1.2 贮气构筑物在水平地震作用下，均可按沿主轴方向进行抗震计算。

7.1.3 湿式罐的钢筋混凝土水槽的地震作用，可按6.2中有关敞口圆形池的条文确定。钢水槽和地下式环形水槽，均可不做抗震强度验算。

7.2 球形贮气罐

7.2.1 球罐可简化为单质点体系，其基本自振周期可按下式计算：

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{W_{eqs,k}}{gK_s}} \quad (7.2.1)$$

式中 T_1——球罐的基本自振周期（s）；

$W_{eqs,k}$——等效总重力荷载标准值（N）；

K_s——球罐结构的侧移刚度（N/m）。

7.2.2 球罐的等效总重力荷载，应按下式计算：

$$W_{eqs,k} = W_{sk} + 0.5W_{ck} + 0.7W_{lk} \quad (7.2.2)$$

式中 W_{sk}——球罐壳体及保温层、喷淋装置及工作梯等附件的自重标准值（N）；

W_{ck}——球罐支柱和拉杆的自重标准值（N）；

W_{lk}——罐内贮液的自重标准值（N）。

7.2.3 球罐结构的侧移刚度，可按下列公式计算（图 7.2.3）：

$$K_s = \frac{12E_s I_s}{h_0^3}\Sigma\frac{n_i}{\psi_i} \tag{7.2.3-1}$$

$$\psi_i = 1 - \frac{(1-\psi_h)^4\ (1+2\psi_h)^2}{\psi_\lambda \cdot \dfrac{I_s l}{A_1 h_0^3 \cos^2\theta \cos^2\phi_i} + (1+3\psi_h)\ (1-\psi_h)^3} \tag{7.2.3-2}$$

$$\psi_h = 1 - \frac{h_1}{h_0} \tag{7.2.3-3}$$

式中 K_s——侧移刚度（N/m）；

E_s——支柱及支撑杆件材料的弹性模量（N/m^2）；

I_s——单根支柱的截面惯性矩（m^4）；

h_0——支柱基础顶面至罐中心的高度（m）；

A_1——单根支撑杆件的截面面积（m^2）；

h_1——支撑结构的高度（m）；

l——支撑杆件的长度（m）；

n_i——与地震作用方向夹角为 ϕ_i 的构架榀数，可按表 7.2.3 确定；

ψ_i——i 构架支撑结构在地震作用方向的拉杆影响系数；

ψ_h——拉杆高度影响系数；

ϕ_i——i 构架与地震作用方向的夹角（°），可按表 7.2.3 采用；

θ——支撑杆件与水平面的夹角（°）；

ψ_λ——支撑杆件长细比影响系数，长细比小于 150 时，可采用 6；长细比大于、等于 150 时，可采用 12。

表 7.2.3 ϕ_i 及相应的 n_i 值

构架总榀数 / ϕ_i 及 n_i	6		8		10			12		
ϕ_i	60°	0°	67.5°	22.5°	72°	36°	0°	75°	45°	15°
n_i	4	2	4	4	4	4	2	4	4	4

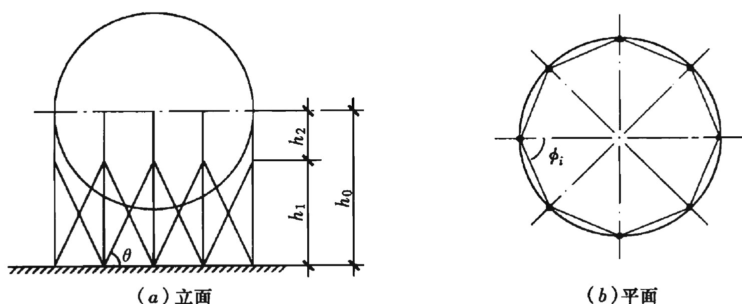


图 7.2.3 球罐简图

7.2.4 球罐的水平地震作用标准值应按下式计算：

$$F_{\rm sHk}=\eta_{\rm m}\alpha_1 W_{\rm eqs,k} \tag{7.2.4}$$

式中 $F_{\rm sH,k}$——水平地震作用标准值（N）。

注：确定 α_1 时，应取阻尼比 $\zeta=0.02$。

7.2.5 当设防烈度为9度时，球罐应计入竖向地震效应，竖向地震作用标准值应按下式计算：

$$F_{\rm sV,k}=\alpha_{\rm Vm} W_{\rm eqs,k} \tag{7.2.5}$$

式中 $F_{\rm sV,k}$——竖向地震作用标准值（N）。

7.2.6 当设防烈度为6度、7度且场地为Ⅰ、Ⅱ类时，球罐可采用独立墩式基础；当设防烈度为8度、9度或场地为Ⅲ、Ⅳ类时，球罐宜采用环形基础或在墩式基础间设置地梁连接成整体。

7.2.7 球罐基础的混凝土强度等级不宜低于C20，基础埋深不宜小于1.5m。

7.2.8 位于Ⅲ、Ⅳ类场地的球罐，与之连接的液相、气相管应设置弯管补偿器或其他柔性连接措施。

7.3 卧式圆筒形贮罐

7.3.1 卧罐可按单质点体系计算，其水平地震作用标准值应按下式确定：

$$F_{\rm hH,k}=\eta_{\rm m}\alpha_{\max} W_{\rm eqh,k}) \tag{7.3.1}$$

式中　$F_{hH,k}$——水平地震作用标准值（N）；

$W_{eqh,k}$——卧罐的等效重力荷载标准值（N）。

7.3.2　卧罐按单质点体系，在地震作用下的等效重力荷载标准值可按下式计算：

$$W_{eqh,k}=0.5\ (W_{sk}+W_{lk}) \tag{7.3.2}$$

式中　W_{sk}——罐体及保温层等重量（N）。

7.3.3　当设防烈度为9度时，卧罐应计入竖向地震效应，其竖向地震作用标准值应按下式计算：

$$F_{hV,k}=\alpha_{Vm}W_{eqh,k} \tag{7.3.3}$$

7.3.4　卧罐应设置鞍型支座，支座与支墩间应采用螺栓连接。

7.3.5　卧罐宜设置在构筑物的底层；罐间的联系平台的一端应采用活动支承。

7.3.6　位于Ⅲ、Ⅳ类场地的卧罐，与之连接的液相、气相管应设置弯管补偿器或其他柔性连接措施。

7.4　水槽式螺旋轨贮气罐

7.4.1　湿式罐可简化为多质点体系（图7.4.1），其水平方向的地震作用标准值可按下列公式计算：

$$Q'_{wH,k}=\eta_m\alpha_1W_{wk} \tag{7.4.1-1}$$

$$F_{wHi,k}=\frac{W_{wi}H_{wi}}{\sum_{i=1}^{n}W_{wi}H_{wi}}Q_{wH}$$

式中　Q_{wH}——水槽顶面处上部贮气塔体的总水平地震作用标准值（N）；

W_{wk}——贮气塔体总重量（N），包括各塔塔体结构、水封环内贮水、导轮、附件的重量和配重及罐顶半边均布雪载的50%；

$F_{wHi,k}$——集中质点i处的水平向地震作用标准值（N）；

W_{wi}——集中质点i处的重量（N），包括i塔体结构、水封环内贮水、导轮、附件的重量和配重，顶塔尚

应包括罐顶半边均有雪载的 50%；

H_{wi}——由水槽顶面至相应集中质点 i 处的高度（m）；

α_1——相应于基振型周期的地震影响系数，当罐容量不大于 15 万 m^3 时，可取 $T_1=0.5s$。

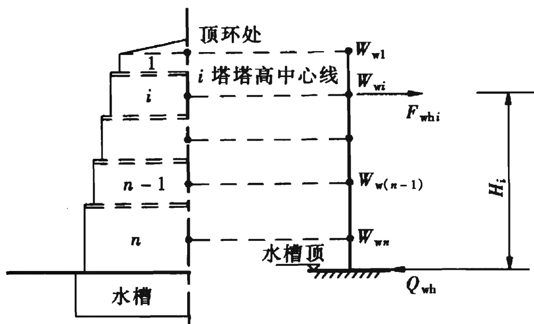


图 7.4.1　湿式罐结构计算简图

7.4.2　当设防烈度为 9 度时，湿式罐应计入竖向地震效应，竖向地震作用标准值应按下列公式计算：

$$P_{wV,k}=\alpha_{Vm}W_w \tag{7.4.2-1}$$

$$F_{wVi,k}=\frac{W_{wi}H_{wi}}{\sum_{i=1}^{n}W_{wi}H_{wi}}P_{wV,k} \tag{7.4.2-2}$$

式中　$P_{wV,k}$——总竖向地震作用标准值（N）；

$F_{wVi,k}$——集中质点 i 处的竖向地震作用标准值（N）。

7.4.3　湿式罐的贮气塔体结构，应分别按下列两种情况进行抗震验算：

1　贮气塔全部升起时，应验算各塔导轮、导轨的强度；

2　仅底塔未升起时，应验算该塔上部伸出挂圈的导轨与上挂圈之间的连接强度。

验算时，作用在导轮、导轨上的力应乘以不均匀系数，可取 1.2 计算。

7.4.4　环形水槽在水平地震作用下的动水压力标准值，应按下

列公式计算（图 7.4.4）：

$$F_{wr1,k}(\theta)=K_H\gamma_w H_w F_{wr1}\cos\theta \tag{7.4.4-1}$$

$$F_{wr2,k}(\theta)=K_H\gamma_w H_w F_{wr2}\cos\theta \tag{7.4.4-2}$$

$$F_{wr1,k}=K_H\pi\gamma_{10}H_w^2 f_{wr1} \tag{7.4.4-3}$$

$$F_{wr2,k}=K_H\pi\gamma_{20}H_w^2 f_{wr2} \tag{7.4.4-4}$$

式中 $F_{wr1,k}(\theta)$——外槽壁上的动水压力标准值（N/m^2）；

$F_{wr2,k}(\theta)$——内槽壁上的动水压力标准值（N/m^2）；

$F_{wr1,k}$——外槽壁上动水压力标准值沿地震方向的合力（N）；

$F_{wr2,k}$——内槽壁上动水压力标准值沿地震方向的合力（N）；

r_{10}——环形水槽外壁的内半径（m）；

r_{20}——环形水槽内壁的外半径（m）；

f_{wr1}——外槽壁上的动水压力系数，可按表 7.4.4 采用；

f_{wr2}——内槽壁上的动水压力系数，可按表 7.4.4 采用。

表 7.4.4 环形水槽动水压力系数 f_{wr1}、f_{wr2}

H_w/r_{10} \ f_{wr} \ r_{20}/r_{10}	0.75		0.80		0.85		0.90	
	f_{wr1}	f_{wr2}	f_{wr1}	f_{wr2}	f_{wr1}	f_{wr2}	f_{wr1}	f_{wr2}
0.20	0.33	0.25	0.30	0.22	0.26	0.18	0.21	0.12
0.25	0.31	0.21	0.28	0.17	0.24	0.13	0.19	0.08
0.30	0.29	0.17	0.27	0.14	0.23	0.10	0.18	0.05
0.35	0.58	0.13	0.26	0.10	0.22	0.06	0.17	0.02
0.40	0.57	0.10	0.25	0.07	0.21	0.03	—	—

7.4.5 位于Ⅲ、Ⅳ类场地上的湿式罐，其高度与直径之比不宜大于 1.2。

7.4.6 贮气塔的每组导轮的轴座，应具有良好的整体构造，如整体浇铸等。

7.4.7 湿式罐的罐容量等于或大于 5000m^3 时，其贮气塔的导轮不宜采用小于 24kg/m 的钢轨。

7.4.8 位于Ⅲ、Ⅳ类场地上的湿式罐，与之连接的进、出口燃气管，均应设置弯管补偿器或其他柔性连接措施。

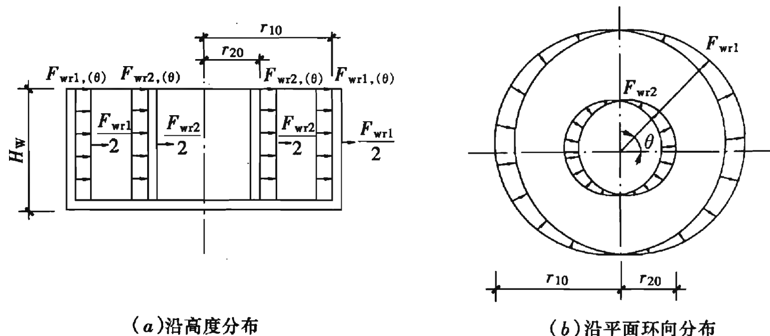


图 7.4.4 环形水槽动水压力

8 泵　房

8.1 一 般 规 定

8.1.1 本章内容可适用于各种功能的提升、加压、输送等泵房结构。

8.1.2 对设防烈度为6度、7度和设防烈度为8度且泵房地下部分高度与地面以上高度之比大于1的地下水取水井室（泵房）、各种功能泵房的地下部分结构；均可不进行抗震验算，但均应符合相应设防烈度（含需要提高一度设防）的抗震措施要求。

8.1.3 采用卧式泵和轴流泵的地面以上部分泵房结构，其抗震验算和相应的抗震措施，应按《建筑抗震设计规范》GB50011中相应结构类别的有关规定执行。

8.1.4 当泵房和控制室、配电室或生活用房毗连时，应符合下列要求：

1 基础不宜坐落在不同高程；当不可避免时，对埋深浅的基础下应做人工地基处理，避免导致震陷。

2 当基础坐落高差或建筑竖向高差较大；平面布置相差过大；结构刚度截然不同时，均应设防震缝。

3 防震缝应沿建筑物全高设置，缝两侧均应设置墙体，基础可不设缝（当结合沉降缝时则应贯通基础），缝宽不宜小于50mm。

8.2 地震作用计算

8.2.1 地下水取水井室可简化为单质点体系，其水平地震作用标准值的确定，应符合下列规定：

1 当场地为Ⅰ、Ⅱ类时，可仅对井室的室外地面以上结构进行计算，水平地震作用标准值可按下式确定：

$$F_{pk}=\alpha_{max}W_{eqp,k} \tag{8.2.1-1}$$

$$W_{eqp,k}=W_{pt,k}+0.37W_{pw,k} \tag{8.2.1-2}$$

式中 F_{pk}——简化为单质点体系时，井室所承受的水平地震作用标准值（kN）；

$W_{eqp,k}$——室外地面以上井室的等效总重力荷载标准值（kN）；

$W_{pt,k}$——井室屋盖自重标准值及50%雪载之和（kN）；

$W_{pw,k}$——室外地面以上井室结构墙体自重标准值（kN）。

2 当场地为Ⅲ、Ⅳ类时，井室所承受的水平地震作用标准值可按下式确定：

$$F_{pk}=\eta_p\alpha_{max}W'_{eqp,k} \tag{8.2.1-3}$$

$$W'_{eqp,k}=W_{pt,k}+0.25W'_{pw,k} \tag{8.2.1-4}$$

式中 η_p——考虑井室结构与地基土共同作用的折减系数，可按表8.2.1采用；

$W'_{eqp,k}$——井室的等效总重力荷载（kN）；

$W'_{pw,k}$——井室基础以上墙体及楼梯等的自重标准值（kN）。

表 8.2.1 折减系数 η_p

$\frac{D_p}{H_p}$	0.40	0.50	0.55	060	0.65	0.70	0.75	0.80
η_p	1.00	0.94	0.89	0.85	0.78	0.74	0.68	0.63
注：表中 H_p 为井室全高；D_p 为井室地面以下埋深。								

8.2.2 当设防烈度为8度、9度时，各种功能泵房的地下部分结构，应计入水平地震作用所产生的结构自重惯性力、动水压力（泵房内部）和动土压力，其标准值可按第6章相应计算规定确定。

8.3 构 造 措 施

8.3.1 地下水取水井室的结构构造，应符合下列规定：

1 当设防烈度为7度、8度时，砌体砂浆不应低于M7.5；门宽不宜大于1.0m；窗宽不宜大于0.6m。

2 当设防烈度为7度、8度时，预制装配式钢筋混凝土屋盖的板缝应配置不少于1ϕ6钢筋，并应采用不低于M10砂浆灌严；墙顶应设置钢筋混凝土圈梁；板缝钢筋应与圈梁拉结；板与梁和梁与圈梁间应有可靠拉结。

3 当设防烈度为9度时，屋盖宜整体现浇钢筋混凝土结构或在预制装配结构上浇筑二期钢筋混凝土叠合层；砌体墙上门及窗洞处应设置钢筋混凝土边框，厚度不宜小于120mm。

8.3.2 管井的设计构造应符合下列要求：

1 除设防烈度为6度或7度的Ⅰ、Ⅱ类场地外，管井不宜采用非金属材质。

2 当采用深井泵时，井管内径与泵体外径间的空隙不宜少于50mm。

3 当管井必须设置在可液化地段时，井管应采用钢管，并宜采用潜水泵；水泵的出水管应设有良好的柔性连接。

4 对运转中可能出砂的管井，应设置补充滤料设施。

8.3.3 各种功能泵房的屋盖构造，均应符合8.3.1规定的要求。

8.3.4 各种功能矩形泵房的地下部分墙体的拐角处及两墙相交处，当设防烈度为8度、9度时，均应符合第6章6.3.5的要求。

9 水　　塔

9.1 一 般 规 定

9.1.1 本章内容可适用于下列条件的水塔：

1 普通类型、功能单一的独立式水塔；

2 水柜为钢筋混凝土结构。

9.1.2 水柜的支承结构应根据水塔建设场地的抗震设防烈度、场地类别及水柜容量确定结构型式。

1 6度、7度地区且场地为Ⅰ、Ⅱ类，水柜容积不大于20m^3时，可采用砖柱支承；

2 6度、7度或8度Ⅰ、Ⅱ类场地，水柜容积不大于50m^3时，可采用砖筒支承；

3 9度或8度且场地为Ⅲ、Ⅳ类时，应采用钢筋混凝土结构支承。

9.1.3 水柜可不进行抗震验算，但应符合本章给出的相应构造措施要求。

9.1.4 水柜支承结构当符合下列条件时，可不进行抗震验算，但应符合本章给出的相应构造措施要求。

1 7度且场地为Ⅰ、Ⅱ类的钢筋混凝土支承结构；水柜容积不大于50m^3且高度不超过20m的砖筒支承结构；水柜容积不大于20m^3且高度不超过7m的砖柱支承结构。

2 7度或8度且场地为Ⅰ、Ⅱ类，水柜的钢筋混凝土筒支承结构。

9.1.5 水塔的抗震验算应符合下列规定：

1 应考虑水塔上满载和空载两种工况；

2 支承结构为构架时，应分别按正向和对角线方向进行验算；

3　9 度地区的水塔应考虑竖向地震作用。

9.2　地震作用计算

9.2.1　水塔的地震作用可按单质点计算，在水平地震作用下的地震作用标准值可按下式计算：

$$F_{wt,k}=\left[(\alpha_f W_f)^2+(\alpha_s W_s)^2\right]^{\frac{1}{2}} \tag{9.2.1-1}$$

$$W_s=0.456\frac{r_0}{h_w}\tanh\left(1.84\frac{h_w}{r_0}\right)W_w \tag{9.2.1-2}$$

$$W_f=(W_w-W_s)+\xi_{ts}G_{ts,k}+G_{tw,k} \tag{9.2.1-3}$$

式中　$F_{wt,k}$——作用在水柜重心处的水平地震作用标准值(kN)；

W_s——水柜中产生对流振动的水体重量（kN)；

W_f——作用在水柜重心处水塔结构的等效重量及水柜中脉冲水体的重量之和（kN)；

W_w——水柜中的总贮水重量（kN)；

$G_{ts,k}$——水塔支承结构的重量标准值（kN)；

$G_{tw,k}$——水塔水柜结构的重量标准值（kN)；

ζ_{ts}——水塔支承结构重量作用在水柜重心处的等效系数，对等刚度支承结构可取 0.35；对变刚度支承结构可按具体条件取 $0.35>\xi_{ts}\geqslant 0.25$；

h_w——水柜内的贮水高度，对倒锥形水柜可取水面至锥壳底端的高度（m)；

r_0——水柜的内半径，对倒锥形水柜可取上部筒壳的内半径（m)；

α_f——相应于水塔结构基本自振周期的水平地震影响系数（空柜或满水)，应按本规范 5.1.5 条确定；

α_s——相应于水柜中水的基本自振周期的水平地震影响系数，可按本规范 5.1.5 条及 5.1.6 条规定并取 $\zeta=0$ 确定。

9.2.2　水塔结构的基本自振周期可按下式计算：

$$T_{ts}=2\pi\sqrt{\frac{W_f}{gK_{ts}}} \tag{9.2.2}$$

式中 T_{ts}——水塔结构的基本自振周期（s）；

K_{ts}——水塔支承结构的刚度（kN/m）；

g——重力加速度（m/s^2）。

注：当计算空柜时，W_f 中不含贮水作用项。

9.2.3 水柜中水的基本自振周期可按下式计算：

$$T_w=\frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{r_0}1.84\tanh\left(1.84\frac{h_w}{r_0}\right)}} \tag{9.2.3}$$

9.2.4 对位于9度地区的水塔，应验算竖向地震作用，可按本规范5.3.2条规定计算。当验算竖向地震作用与水平地震作用组合效应时，应采用平方和开方组合确定。

9.3 构造措施

9.3.1 除Ⅰ类场地外，水塔采用柱支承时，柱基宜采用整体筏基或环状基础；当采用独立柱基时，应设置连系梁。

9.3.2 水柜由钢筋混凝土筒支承时，应符合下列构造要求：

1 筒壁的竖向钢筋直径不应小于12mm，间距不应大于200mm。

2 筒壁上的门洞处，应设置加厚门框，并配置加强筋，两侧门框内的加强筋截面积不应少于切断竖向钢筋截面积的1.5倍，并应在门洞顶部两侧加设八字斜筋，斜筋里外层不少于2ϕ12钢筋。

3 筒壁上的窗洞或其他孔洞处，周围应设置加强筋；加强筋构造同门洞处要求，但八字斜筋应上下均设置。

9.3.3 水柜由钢筋混凝土构架支承时，应符合下列构造要求：

1 横梁内箍筋的搭接长度不应少于40倍钢筋直径；箍筋间距不应大于200mm，且在梁端的1倍梁高范围内，箍筋间距不应大于100mm。

2 立柱内的箍筋间距不应大于200mm，且在水柜以下和基础以上各800mm范围内以及梁柱节点上下各1倍柱宽并不小于1/6柱净高范围内，柱内箍筋间距不应大于100mm；箍筋直径，7度、8度不应小于8mm，9度不应小于10mm。

3 水柜下环梁和支架梁端应加设腋角，并配置不少于主筋截面积50%的钢筋。

4 8度、9度时，当水塔高度超过20m时，沿支架高度每隔10m左右宜设置钢筋混凝土水平交叉支撑一道，支撑构件的截面不宜小于支架柱的截面。

9.3.4 水柜由砖筒支承的水塔，应符合下列构造要求：

1 对6度Ⅳ类场地和7度Ⅰ、Ⅱ类场地的砖筒内应有适量配筋，其配筋范围及配筋量不应少于表9.3.4的要求。

表 9.3.4 砖筒壁配筋要求

烈度和场地类别 / 配筋方式	6度Ⅳ类场地和7度Ⅰ、Ⅱ类场地
配筋高度范围	全高
砌体内竖向配筋	ϕ10，间距500~700mm，并不少于6根
砌体竖槽配筋	每槽1ϕ12，间距1000mm，并不少于6根
砌体内环向配筋	ϕ8，间距360mm

2 对7度Ⅲ、Ⅳ类场地和8度Ⅰ、Ⅱ类场地的砖筒壁，宜设置不少于4根构造柱，柱截面不宜小于240mm×240mm，并与圈梁连接；柱内纵向钢筋宜采用4ϕ14，箍筋间距不应大于200mm，且在柱上、下两端宜加密；沿柱高每隔500mm设置2ϕ6拉结钢筋，每边伸入筒壁内长度不宜小于1m；柱底端应锚入筒壁基础内。

3 砖筒沿高度每隔4m左右宜设圈梁一道，其截面高度不宜小于180mm，宽度不宜小于筒壁厚度的2/3或240mm；梁内纵筋不宜少于4ϕ12，箍筋间距不宜大于250mm。

4 砖筒上的门洞上下应设置钢筋混凝土圈梁。洞两侧7度

Ⅰ、Ⅱ类场地应设置门框，门框的截面尺寸应能弥补门洞削弱的刚度；7度Ⅲ、Ⅳ类场地和8度Ⅰ、Ⅱ类场地应设置钢筋混凝土门框，门框内竖向钢筋截面积不应少于上下圈梁内的配筋量，并应锚入圈梁内。

5 砖筒上的其他洞口处，宜与门洞处采取相同的构造措施，当洞上下无圈梁时应加设3ϕ8钢筋，其两端伸入筒壁长度不应小于1m。

10 管　　道

10.1 一 般 规 定

10.1.1 本章中架空管道内容适用于跨越河、湖及其他障碍的自承式管道。

10.1.2 埋地管道应计算在水平地震作用下，剪切波所引起管道的变位或应变。

10.1.3 对高度大于3.0mm的埋地矩形或拱形管道，除应计算管道纵向作用效应外，尚应计算在水平地震作用下动土压力等对管道横截面的作用效应。

10.1.4 符合下列条件的管道结构可不进行抗震验算：

1 各种材质的埋地预制圆形管材，其连接接口均为柔性构造，且每个接口的允许轴向拉、压变位不小于10mm。

2 设防烈度6度、7度，符合7度抗震构造要求的埋地雨、污水管道。

3 设防烈度为6度、7度或8度Ⅰ、Ⅱ类场地的焊接钢管和自承式架空平管。

4 管道上的阀门井、检查井等附属构筑物。

10.2 地震作用计算

10.2.1 地下直埋式管道的抗震验算应满足第5章5.5的要求，由地震时剪切波行进中引起的直线段管道结构的作用效应标准值，可按附录C计算。

10.2.2 符合本章10.1.3规定的地下管道，在水平地震作用下土压力标准值，可按本规定6.2.4的规定计算。

10.2.3 架空管道纵向或横向的基本自振周期，可按下式计算：

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{G_{eq}}{gK_c}} \tag{10.2.3}$$

式中 T_1——基本自振周期（s）；

G_{eq}——纵向或横向计算单元（跨度）等代重力荷载代表值（N），应取永久荷载标准值的100%，可变荷载标准值的50%和支承结构自重标准值的30%；

K_c——纵向或横向支承结构的刚度（N/m）。

10.2.4 架空管道支承结构所承受的水平地震作用标准值，可按下式计算：

$$F_{hc,k} = \alpha_1 G_{eq} \tag{10.2.4}$$

式中 α_1——相应纵向或横向基本自振周期的地震影响系数。

10.2.5 当设防烈度为9度时，架空管道支承结构应计算竖向地震作用效应，其竖向地震作用标准值可按下式计算：

$$F_{cV,k} = \alpha_{Vmax} G_{eq} \tag{10.2.5}$$

10.2.6 架空管道结构所承受的水平地震作用标准值，可按下列公式计算：

1 平管：

$$F_{ph,k} = \frac{\alpha_1 G'_{eq}}{l} \tag{10.2.6-1}$$

2 折线形管：

$$F_{pc,k} = \frac{\alpha_1 G'_{eq}}{2l_1 + l_2} \tag{10.2.6-2}$$

3 拱形管：

$$F_{pa,k} = \frac{\alpha_1 G'_{eq}}{l_a} \tag{10.2.6-3}$$

式中 $F_{ph,k}$——平管单位长度的水平地震作用标准值(N/mm)；

l——平管的计算单元长度（mm）；

$F_{pc,k}$——折线形管单位长度的水平地震作用标准值（N/mm）；

l_1——折线形管的折线部分管道长度（mm）；

l_2——折线形管的水平部分管道长度（mm）；

$F_{pa,k}$——拱形管单位长度的水平地震作用标准值（N/mm）；

l_a——拱形管道的拱形弧长（mm）；

G'_{eq}——管道的总重力荷载标准值（N），即为 G_{eq}减去管道支承结构自重标准值的30%。

10.2.7 当设防烈度为9度时，架空管道应计算竖向地震作用效应，其竖向地震作用标准值可按下列公式计算：

1 平管：

$$F_{phv,k} = \alpha_{vm} \frac{G'_{eq}}{l} \tag{10.2.7-1}$$

2 折线形管：

$$F_{pcv,k} = \alpha_{vm} \frac{G'_{eq}}{2l_1 + l_2} \tag{10.2.7-2}$$

3 拱形管：

$$F_{pav,k} = \alpha_{vm} \frac{G'_{eq}}{l_a} \tag{10.2.7-3}$$

式中 $F_{phv,k}$——平管单位长度的竖向地震作用标准值（N/mm）；

$F_{pcv,k}$——折线形管单位长度的竖向地震作用标准值（N/mm）；

$F_{pav,k}$——拱形管单位长度的竖向地震作用标准值（N/mm）。

10.3 构造措施

10.3.1 给水和燃气管道的管材选择，应符合下列要求：

1 材质应具有较好的延性；

2 承插式连接的管道，接头填料宜采用柔性材料；

3 过河倒虹吸管或架空管应采用焊接钢管；

4 穿越铁路或其他主要交通干线以及位于地基土为液化土

地段的管道，宜采用焊接钢管。

10.3.2 地下直埋或架空敷设的热力管道，当设防烈度为8度（含8度）以下时，管外保温材料应具有良好的柔性；当设防烈度为9度时，宜采取管沟内敷设。

10.3.3 地下直埋圆形排水管道应符合下列要求：

1 当采用钢筋混凝土平口管，设防烈度为8度以下及8度Ⅰ、Ⅱ类场地时，应设置混凝土管基，并应沿管线每隔26～30m设置变形缝，缝宽不小于20mm，缝内填柔性材料；8度Ⅲ、Ⅳ类场地或9度时，不应采用平口连接管。

2 8度Ⅲ、Ⅳ类场地或9度时，应采用承插式管或企口管，其接口处填料应采用柔性材料。

10.3.4 混合结构的矩形管道应符合下列要求：

1 砌体采用砖不应低于MU10；块石不应低于MU20；砂浆不应低于M10。

2 钢筋混凝土盖板与侧墙应有可靠连接。设防烈度为7度、8度且属Ⅲ、Ⅳ类场地时，预制装配顶盖不得采用梁板系统结构（不含钢筋混凝土槽形板结构）。

3 基础应采用整体底板。当设防烈度为8度且场地为Ⅲ、Ⅳ类时，底板应为钢筋混凝土结构。

10.3.5 当设防烈度为9度或场地土为可液化地段时，矩形管道应采用钢筋混凝土结构，并适当加设变形缝；缝的构造等应符合4.3.10的第3款要求。

10.3.6 地下直埋承插式圆形管道和矩形管道，在下列部位应设置柔性接头及变形缝：

1 地基土质突变处；

2 穿越铁路及其他重要的交通干线两端；

3 承插式管道的三通、四通、大于45°的弯头等附件与直线管段连接处。

注：附件支墩的设计应符合该处设置柔性连接的受力条件。

10.3.7 当设防烈度为7度且地基土为可液化地段或设防烈度为

8度、9度时，泵及压送机的进、出管上宜设置柔性连接。

10.3.8 管道穿过建（构）筑物的墙体或基础时，应符合下列要求：

1 在穿管的墙体或基础上应设置套管，穿管与套管间的缝隙内应填充柔性材料。

2 当穿越的管道与墙体或基础为嵌固时，应在穿越的管道上就近设置柔性连接。

10.3.9 当设防烈度为7度、8度且地基土为可液化土地段或设防烈度为9度时，热力管道干线的附件均应采用球墨铸铁或铸钢材料。

10.3.10 燃气厂及储配站的出口处，均应设置紧急关断阀。

10.3.11 管网上的阀门均应设置阀门井。

10.3.12 当设防烈度为7度、8度且地基土为可液化土地段或设防烈度为9度时，管网的阀门井、检查井等附属构筑物不宜采用砌体结构。如采用砌体结构时，砖不应低于MU10，块石不应低于MU20，砂浆不应低于M10，并应在砌体内配置水平封闭钢筋，每500mm高度内不应少于2ϕ6。

10.3.13 架空管道的活动支架上，应设置侧向挡板。

10.3.14 当输水、输气等埋地管道不能避开活动断裂带时，应采取下列措施：

1 管道宜尽量与断裂带正交；

2 管道应敷设在套筒内，周围填充砂料；

3 管道及套筒应采用钢管；

4 断裂带两侧的管道上（距断裂带有一定的距离）应设置紧急关断阀。

附录 A　我国主要城镇抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组

本附录仅提供我国抗震设防区各县级及县级以上的中心地区工程建设抗震设计时所采用的抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组。

注：本附录一般把设计抗震第一、二、三组简称为“第一组、第二组、第三组”。

A.0.1　首都和直辖市

1　抗震设防烈度为 8 度、设计基本地震加速度值为 0.20g：

北京（除昌平、门头沟外的 11 个市辖区），平谷，大兴，延庆，宁河，汉沽。

2　抗震设防烈度为 7 度、设计基本地震加速度值为 0.15g：

密云，怀柔，昌平，门头沟，天津（除汉沽、大港外的 12 个市辖区），蓟县，宝坻，静海。

3　抗震设防烈度为 7 度、设计基本地震加速度值为 0.10g：

大港，上海（除金山外的 15 个市辖区），南汇，奉贤。

4　抗震设防烈度为 6 度、设计基本地震加速度值为 0.05g：

崇明，金山，重庆（14 个市辖区），巫山，奉节，云阳，忠县，丰都，长寿，璧山，合川，铜梁，大足，荣昌，永川，江津，綦江，南川，黔江，石柱，巫溪*。

注：1　首都和直辖市的全部县级和县级以上设防城镇，设计地震分组均为第一组；

2　上标 * 指该城镇的中心位于本设防区和较低设防区的分界线，下同。

A.0.2　河北省

1　抗震设防烈度为 8 度、设计基本地震加速度值为 0.20g：

第一组：廊坊（2个市辖区），唐山（5个市辖区），三河，大厂，香河，丰南，丰润，怀来，涿鹿。

2 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15g：

第一组：邯郸（4个市辖区），邯郸县，文安，任丘，河间，大城，涿州，高碑店。涞水，固安，永清，玉田，迁安，卢龙，滦县，滦南，唐海，乐亭，宣化，蔚县，阳原，成安，磁县，临漳，大名，宁晋。

3 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

第一组：石家庄（6个市辖区），保定（3个市辖区）。张家口（4个市辖区），沧州（2个市辖区），衡水，邢台（2个市辖区），霸州，雄县，易县，沧县，张北，万全，怀安，兴隆，迁西，抚宁，昌黎，青县，献县，广宗，平乡，鸡泽，隆尧，新河曲周，肥乡，馆陶，广平，高邑，内丘，邢台县，赵县，武安，涉县，赤城，涞源，定兴，容城，徐水，安新，高阳，博野，蠡县，肃宁，深泽，安平，饶阳，魏县，藁城，栾城，晋州，深州，武强，辛集，冀州，任县，柏乡，巨鹿，南和，沙河，临城，泊头，永年，崇礼，南宫*。

第二组：秦皇岛（海港、北戴河），清苑，遵化，安国。

4 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

第一组：正定，围场，尚义，灵寿，无极，平山，鹿泉，井陉，元氏，南皮，吴桥，景县，东光。

第二组：承德（除鹰手营子以外的两个市辖区），隆化，承德县，宽城，青龙，阜平，满城，顺平，唐县，望都，曲阳，定州，行唐，赞皇，黄骅，海兴，孟村，盐山，阜城，故城，清河，山海关，沽源，新乐，武邑，枣强，威县。

第三组：丰宁，滦平，鹰手营子，平泉，临西，邱县。

A.0.3 山西省

1 抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.20g：

第一组：太原（6个市辖区），临汾，忻州，祁县，平遥，古县，代县，原平，定襄，阳曲，太谷，介休，耿石，汾西，霍

州，洪洞，襄汾，晋中，浮山，永济，清徐。

2 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15g：

第一组：大同（4个市辖区），朔州（朔城区），大同县，怀仁，浑源，广灵，应县，山阴，灵丘，繁峙，五台，古交，交城，文水，汾阳，曲沃，孝义，侯马，新绛，稷山，绛县，河津，闻喜，翼城，万荣。临猗，夏县，运城，芮城，平陆。沁源*，宁武*。

3 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

第一组：长治（2个市辖区），阳泉（3个市辖区），长治县，阳高，天镇，左云，右玉，神池，寿阳，昔阳。安泽，乡宁，垣曲，沁水，平定，和顺，黎城，潞城，壶关。

第二组：平顺，榆衬，武乡，娄烦，交口，隰县，蒲县，吉县，静乐，盂县，沁县，陵川，平鲁。

4 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

第二组：偏关，河曲，保德，兴县，临县，方山，柳林。

第三组：晋城，离石，左权，襄垣，屯留，长子，高平，阳城，泽州，五寨，岢岚，岚县，中阳，石楼，永和，大宁。

A.0.4 内蒙古自治区

1 抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.30g：

第一组：土默特右旗，达拉特旗*。

2 抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.20g：

第一组：包头（除白云矿区外的5个市辖区），呼和浩特（4个市辖区），土默特左旗，乌海（3个市辖区），杭锦后旗，磴口，宁城，托克托*。

3 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15g：

第一组：喀拉沁旗，五原，乌拉特前旗，临河，固阳，武川，凉城，和林格尔，赤峰（红山*，元宝山区）

第二组：阿拉善左旗。

4 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

第一组：集宁，清水河，开鲁，傲汉旗，乌特拉后旗，卓

资，察右前旗，丰镇，扎兰屯，乌特拉中旗，赤峰（松山区），通辽*。

第三组：东胜，准格尔旗。

5 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

第一组：满洲里，新巴尔虎右旗，莫力达瓦旗，阿荣旗，扎赉特旗，翁牛特旗，兴和，商都，察右后旗，科左中旗，科左后旗，奈曼旗，库伦旗，乌审旗，苏尼特右旗。

第二组：达尔罕茂明安联合旗，阿拉善右旗，鄂托克旗，鄂托克前旗，白云。

第三组：伊金霍洛旗，杭锦旗，四王子旗，察右中旗。

A.0.5 辽宁省

1 抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.20g：

普兰店，东港。

2 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15g：

营口（4个市辖区），丹东（3个市辖区），海城，大石桥，瓦房店，盖州，金州。

3 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

沈阳（9个市辖区），鞍山（4个市辖区），大连（除金州外的5个市辖区），朝阳（2个市辖区），辽阳（5个市辖区），抚顺（除顺城外的3个市辖区），铁岭（2个市辖区），盘锦（2个市辖区），盘山，朝阳里，辽阳里，岫岩，铁岭县，凌源，北票，建平，开原，抚顺县，灯塔，台安，大洼，辽中。

4 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

本溪（4个市辖区），阜新（5个市辖区），锦州（3个市辖区），葫芦岛（3个市辖区），昌图，西丰，法库，彰武，铁法，阜新县，康平，新民，黑山，北宁，义县，喀喇沁，凌海，兴城，绥中，建昌，宽甸，凤城，庄河，长海，顺城。

注：全省县级及县级以上设防城镇的设计地震分组。除兴城，绥中，建昌。南票为第二组外，均为第一组。

A.0.6 吉林省

1 抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.20g：

前郭尔罗斯，松原。

2 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15g：

大安※。

3 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

长春（6个市辖区），吉林，（除丰满外的3个市辖区），白城，乾安，舒兰，九台，永吉*。

4 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

四平（2个市辖区），辽源（2个市辖区），镇赉，洮南，延吉，汪清，图们，珲春，龙井，和龙，安图，蛟河，桦甸，梨树，磐石，东丰，辉南，梅河口，东辽，榆树，靖宇，抚松，长岭，通榆，德惠，农安，伊通，公主岭，扶余，丰满。

注：全省县级及县级以上设防城镇，设计地震分组均为第一组。

A.0.7 黑龙江省

1 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

绥化，萝北，泰来。

2 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

哈尔滨（7个市辖区），齐齐哈尔（7个市辖区），大庆（5个市辖区），鹤岗（6个市辖区），牡丹江（4个市辖区），鸡西（6个市辖区），佳木斯（5个市辖区），七台河（3个市辖区），伊春（伊春区，乌马河区），鸡东，望奎，穆棱，绥芬河，东宁，宁安，五大连池，嘉荫，汤原，桦南，桦川，依兰，勃利，通河，方正，木兰，巴彦，延寿，尚志，宾县，安达，明水，绥棱，庆安，兰西，肇东，肇州，肇源，呼兰，阿城，双城，五常，讷河，北安，甘南，富裕，龙江，黑河，青冈*，海林*。

注：全省县级及县级以上设防城镇，设计地震分组均为第一组。

A.0.8 江苏省

1 抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.30g：

第一组：宿迁，宿豫*。

2 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.20g：

第一组：新沂，邳州，睢宁。

3　抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15*g*：

第一组：扬州（3个市辖区），镇江（2个市辖区），东海，沭阳，泗洪，江都，大丰。

4　抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10*g*：

第一组：南京（11个市辖区），淮安（除楚州外的3个市辖区），徐州（5个市辖区），铜山，沛县，常州（4个市辖区），泰州（2个市辖区），赣榆，泗阳，盱眙，射阳，江浦，武进，盐城，盐都，东台，海安，姜堰，如皋，如东，扬中，仪征，兴化，高邮，六合，句容，丹阳，金坛，丹徒，溧阳，溧水，昆山，太仓。

第三组：连云港（4个市辖区），灌云。

5　抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05*g*：

第一组：南通（2个市辖区），无锡（6个市辖区），苏州（6个市辖区），通州，宜兴，江阴，洪泽，金湖，建湖，常熟，吴江，靖江，泰兴，张家港，海门，启东，高淳，丰县。

第二组：响水，滨海，阜宁，宝应，金湖。

第三组：灌南，涟水，楚州。

A.0.9　浙江省

1　抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10*g*：

岱山，嵊泗，舟山（2个市辖区）。

2　抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05*g*：

杭州（6个市辖区），宁波（5个市辖区），湖州，嘉兴（2个市辖区），温州（3个市辖区），绍兴，绍兴县，长兴，安吉，临安，奉化，鄞县，象山，德清，嘉善，平湖，海盐，桐乡，余杭，海宁，萧山，上虞，慈溪，余姚，瑞安，富阳，平阳，苍南，乐清，永嘉，泰顺，景宁，云和，庆元，洞头。

注：全省县级及县级以上设防城镇，设计地震分组均为第一组。

A.0.10　安徽省

1　抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15*g*：

第一组：五河，泗县。

2　抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

合肥（4个市辖区），蚌埠（4个市辖区），阜阳（3个市辖区），淮南（5个市辖区），枞阳，怀远，长丰，六安（2个市辖区），灵璧，固镇，凤阳，明光，定远，肥东，肥西，舒城，庐江，桐城，霍山，涡阳，安庆（3个市辖区）*，铜陵县*。

3　抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

第一组：铜陵（3个市辖区），芜湖（4个市辖区），巢湖，马鞍山（4个市辖区），滁州（2个市辖区），芜湖县，砀山，萧县，亳州，界首，太和，临泉，阜南，利辛，蒙城，凤台，寿县，颖上，霍丘，金寨，天长，来安，全椒，含山，和县，当涂，无为，繁昌，池州，岳西，潜山，太湖，怀宁，望江，东至，宿松，南陵，宣城，郎溪，广德，泾县，青阳，石台。

第二组：濉溪，淮北。

第三组：宿州。

A.0.11　福建省

1　抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.20g：

第一组：金门*。

2　抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15g：

第一组：厦门（7个市辖区），漳州（2个市辖区），晋江，石狮，龙海，长泰，漳浦，东山，诏安。

第二组：泉州（4个市辖区）。

3　抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

第一组：福州（除马尾外的4个市辖区），安溪，南靖，华安，平和，云霄。

第二组：莆田（2个市辖区），长乐，福清，莆田县，平潭，惠安，南安，马尾。

4　抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

第一组：三明（2个市辖区），政和，屏南，霞浦，福鼎，福安，柘荣，寿宁，周宁，松溪，宁德，古田，罗源，沙县，龙

溪，闽清，闽侯，南平，大田，漳平，龙岩，永定，泰宁，宁化，长汀，武平，建宁，将乐，明溪，清流，连城，上杭，永安，建瓯。

第二组：连江，永泰，德化，永春，仙游。

A.0.12 江西省

1 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

寻乌，会昌。

2 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

南昌（5个市辖区），九江（2个市辖区），南昌县，进贤，余干，九江县，彭泽，湖口，星子，瑞昌，德安，都昌，武宁，修水，靖安，铜鼓，宜丰，宁都，石城，瑞金，安远，安南，龙南，全南，大余。

注：全省县级及县级以上设防城镇，设计地震分组均为第一组。

A.0.13 山东省

1 抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.20g：

第一组：郯城，临沭，莒南，莒县，沂水，安丘，阳谷。

2 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15g：

第一组：临沂（3个市辖区），潍坊（4个市辖区），菏泽，东明，聊城，苍山，沂南，昌邑，昌乐，青州，临驹，诸城，五莲，长岛，蓬莱，龙口，莘县，鄄城，寿光*。

3 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

第一组：烟台（4个市辖区），威海，枣庄（5个市辖区），淄博（除博山外的4个市辖区），平原，高唐，茌平，东阿，平阴，梁山，郓城，定陶，巨野，成武，曹县，广饶，博兴，高青，桓台，文登，沂源，蒙阴，费县，微山，禹城，冠县，莱芜（2个市辖区）*，单县*，夏津*。

第二组：东营（2个市辖区），招远，新泰，栖霞，莱州，日照，平度，高密，垦利，博山，滨州*，平邑*。

4 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

第一组：德州，宁阳，陵县，曲阜，邹城，鱼台，乳山，荣

成，兖州。

第二组：济南（5个市辖区），青岛（7个市辖区），泰安（2个市辖区），济宁（2个市辖区），武城，乐陵，庆云，无棣，阳信，宁津，沾化，利津，惠民，商河，临邑，济阳，齐河，邹平，章丘，泗水，莱阳，海阳，金乡，滕州，莱西，即墨。

第三组：胶南，胶州，东平，汶上，嘉祥，临清，长清，肥城。

A.0.14　河南省

1　抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.20g：

第一组：新乡（4个市辖区），新乡县，安阳（4个市辖区），安阳县，鹤壁（3个市辖区），原阳，延津，汤阴，淇县，卫辉，获嘉，范县，辉县。

2　抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15g：

第一组：郑州（6个市辖区），濮阳，濮阳县，长桓，封丘，修武，武陟，内黄，浚县，滑县，台前，南乐，清丰，灵宝，三门峡，陕县，林州*。

3　抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

第一组：洛阳（6个市辖区），焦作（4个市辖区），开封（5个市辖区），南阳（2个市辖区），开封县，许昌县，沁阳，博爱，孟州，孟津，巩义，偃师，济源，新密，新郑，民权，兰考，长葛，温县，荥阳，中牟，杞县*，许昌*。

4　抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

第一组：商丘（2个市辖区），信阳（2个市辖区），漯河，平顶山（4个市辖区），登封，义马，虞城，夏邑，通许，尉氏，睢县，宁陵，柘城，新安，宜阳，嵩县，汝阳，伊川，禹州，郏县，宝丰，襄城，郾城，鄢陵，扶沟，太康，鹿邑，郸城，沈丘，项城，淮阳，周口，商水，上蔡，临颍，西华，西平，栾川，内乡，镇平，唐河，邓州，新野，社旗，平舆，新县，驻马店，泌阳，汝南，桐柏，淮滨，息县，正阳，遂平，光山，罗山，潢川，商城，固始，南召，舞阳*。

第二组：汝州，睢县，永城。

第三组：卢氏，洛宁，渑池。

A.0.15 湖北省

1 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10*g*：

竹溪，竹山，房县。

4 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05*g*：

武汉（13个市辖区），荆州（2个市辖区），荆门，襄樊（2个辖区），襄阳，十堰（2个市辖区），宜昌（4个市辖区），宜昌县，黄石（4个市辖区），恩施，咸宁，麻城，团风，罗田，英山，黄冈，鄂州，浠水，蕲春，黄梅，武穴，郧西，郧县，丹江口，谷城，老河口，宜城，南漳，保康，神农架，钟祥，沙洋，远安，兴山，巴东，秭归，当阳，建始，利川，公安，宣恩，咸丰，长阳，宜都，枝江，松滋，江陵，石首，监利，洪湖，孝感，应城，云梦，天门，仙桃，红安，安陆，潜江，嘉鱼，大冶，通山，赤壁，崇阳，通城，五峰*，京山*。

注：全省县级及县级以上设防城镇，设计地震分组均为第一组。

A.0.16 湖南省

1 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15*g*：

常德（2个市辖区）。

2 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10*g*：

岳阳（3个市辖区），岳阳县，汨罗，湘阴，临澧，澧县，津市，桃源，安乡，汉寿。

3 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05*g*：

长沙（5个市辖区），长沙县，益阳（2个市辖区），张家界（2个市辖区），郴州（2个市辖区），邵阳（3个市辖区），邵阳县，泸溪，沅陵，娄底，宜章，资兴，平江，宁乡，新化，冷水江，涟源，双峰，新邵，邵东，隆回，石门，慈利，华容，南县，临湘，沅江，桃江，望城，溆浦，会同，靖州，韶山，江华，宁远，道县，临武，湘乡*，安化*，中方*，洪江*。

注：全省县级及县级以上设防城镇，设计地震分组均为第一组。

A.0.17 广东省

1 抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.20g：

汕头（5个市辖区），澄海，潮安，南澳，徐闻，潮州*。

2 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15g：

揭阳，揭东，潮阳，饶平。

3 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

广州（除花都外的9个市辖区），深圳（6个市辖区），湛江（4个市辖区），汕尾，海丰，普宁，惠来，阳江，阳东，阳西，茂名，化州，廉江，遂溪，吴川，丰顺，南海，顺德，中山，珠海，斗门，电白，雷州，佛山（2个市辖区）*，江门（2个市辖区）*，新会*，陆丰*。

4 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

韶关（3个市辖区），肇庆（2个市辖区），花都，河源，揭西，东源，梅州，东莞，清远，清新，南雄，仁化，始兴，乳源，曲江，英德，佛冈，龙门，龙川，平远，大埔，从化，梅县，兴宁，五华，紫金，陆河，增城，博罗，惠州，惠阳，惠东，三水，四会，云浮，云安，高要，高明，鹤山，封开，郁南，罗定，信宜，新兴，开平，恩平，台山，阳春，高州，翁源，连平，和平，蕉岭，新丰*。

注：全省县级及县级以上设防城镇，设计地震分组均为第一组。

A.0.18 广西自治区

1 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15g：

灵山，田东。

3 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

玉林，兴业，横县，北流，百色，田阳，平果，隆安，浦北，博白，乐业*。

4 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

南宁（6个市辖区），桂林（5个市辖区），柳州（5个市辖区），梧州（3个市辖区），钦州（2个市辖区），贵港（2个市辖区），防城港（2个市辖区），北海（2个市辖区），兴安，灵川，

临桂，永福，鹿寨，天峨，东兰，巴马，都安，大化，马山，融安，象州，武宣，桂平，平南，上林，宾阳，武鸣，大新，扶绥，邕宁，东兴，合浦，钟山，贺州，藤县，苍梧，容县，岑溪，陆川，凤山，凌云，田林，隆林，西林，德保，靖西，那坡，天等，崇左，上思，龙州，宁明，融水，凭祥，全州。

注：全省县级及县级以上设防城镇，设计地震分组均为第一组。

A.0.19 海南省

1 抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.30g：海口（3个市辖区），琼山。

2 抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.20g：文昌，文安。

3 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15g：澄迈。

4 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：临高，琼海，儋州，屯昌。

5 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：三亚，万宁，琼中，昌江，白沙，保亭，陵水，东方，乐东，通什。

注：全省县级及县级以上设防城镇，设计地震分组均为第一组。

A.0.20 四川省

1 抗震设防烈度不低于9度、设计基本地震加速度值不小于0.40g：

第一组：康定，西昌。

2 抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.30g：

第一组：冕宁*。

3 抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.20g：

第一组：松潘，道孚，泸定，甘孜，炉霍，石棉，喜德，普格，宁南，德昌，理塘。

第二组：九寨沟。

4 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15g：

第一组：宝兴，茂县，巴塘，德格，马边，雷波。

第二组：越西，雅江，九龙，平武，木里，盐源，会东，新龙。

第三组：天全，荥经，汉源，昭觉，布拖，丹巴，芦山，甘洛。

5 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

第一组：成都（除龙泉驿、清白江的5个市辖区），乐山（除金口河外的3个市辖区），自贡（4个市辖区），宜宾，宜宾县，北川，安县，绵竹，汶川，都江堰，双流，新津，青神，峨边，沐川，屏山，理县，得荣，新都*。

第二组：攀枝花（3个市辖区），江油，什邡，彭州，郫县，温江，大邑，崇州，邛崃，蒲江，彭山，丹棱，眉山，洪雅，夹江，峨嵋山，若尔盖，色达，壤塘，马尔康，石渠，白玉，金川，黑水，盐边，米易，乡城，稻城，金口河，朝天区*。

第三组：青川，雅安，名山，美姑，金阳，小金，会理。

6 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

第一组：泸州（3个市辖区），内江（2个市辖），德阳，宣汉，达州，达县，大竹，邻水，渠县，广安，华蓥，隆昌，富顺，泸县，南溪，江安，长宁，高县，珙县，兴文，叙永。古蔺，金堂，广汉，简阳，资阳，仁寿，资中，犍为，荣县，威远，南江，通江，万源，巴中，苍溪，阆中，仪陇，西充，南部，盐亭，三台，射洪，大英，乐至，旺苍，龙泉驿，清白江。

第二组：绵阳（2个市辖区），梓潼，中江，阿坝，筠连，井研。

第三组：广元（除朝天区外的2个市辖区），剑阁，罗江，红原。

A.0.21 贵州省

1 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

第一组：望谟。

第二组：威宁。

2　抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

第一组：贵阳（除白云外的5个市辖区），凯里，毕节，安顺，都匀，六盘水，黄平，福泉，贵定，麻江，清镇，龙里，平坝，纳雍，织金，水城，普定，六枝，镇宁，惠水，长顺，关岭，紫云，罗甸，兴仁，贞丰，安龙，册享，金沙，印江，赤水，习水，思南*。

第二组：赫章，普安，晴隆，兴义。

第三组：盘县。

A.0.22　云南省

1　抗震设防烈度不低于9度、设计基本地震加速度值不小于0.40g：

第一组：寻甸，东川。

第二组：澜沧。

2　抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.30g：

第一组：剑川，嵩明，宜良，丽江，鹤庆，永胜，潞西。龙陵，石屏，建水

第二组：耿马，双江，沧源，勐海，西盟，孟连。

3　抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.20g：

第一组：石林，玉溪，大理，永善，巧家，江川，华宁，峨山，通海，洱源，宾川，弥渡，祥云，会泽，南涧。

第二组：昆明（除东川外的4个市辖区），思茅，保山，马龙，呈贡，澄江，晋宁，易门，漾濞，巍山，云县，腾冲，施甸，瑞丽，梁河，安宁，凤庆*，陇川*。

第三组：景洪，永德，镇康，临沧。

4　抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15g：

第一组：中甸，泸水，大关，新平*。

第二组：沾益，个旧，红河，元江，禄丰，双柏，开远，盈江，永平，昌宁，宁蒗，南华，楚雄，勐腊，华坪，景东*。

第三组：曲靖，弥勒，陆良，富民，禄功，武定，兰坪，云龙，景谷，普洱。

5　抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

第一组：盐津，绥江，德钦，水富，贡山。

第二组：昭通，彝良，鲁甸，福贡，永仁，大姚，元谋，姚安，牟定，墨江，绿春，镇沅，江城，金平。

第三组：富源，师宗，泸西，蒙自，元阳，维西，宣威。

6　抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

第一组：威信，镇雄，广南，富宁，西畴，麻栗坡，马关。

第二组：丘北，砚山，屏边，河口，文山。

第三组：罗平。

A.0.23　西藏自治区

1　抗震设防烈度不低于9度、设计基本地震加速度值不小于0.40g：

第二组：当雄，墨脱。

2　抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.30g：

第一组：申扎。

第二组：米林，波密。

3　抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.20g：

第一组：普兰，聂拉木，萨嘎。

第二组：拉萨，堆龙德庆，尼木，仁布，尼玛，洛隆，隆子，错那，曲松。

第三组：那曲，林芝（八一镇），林周。

4　抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15g：

第一组：扎达，吉隆，拉孜，谢通门，亚东，洛扎，昂仁。

第二组：日土，江孜，康马，白朗，扎囊，措美，桑日，加查，边坝，八宿，丁青，类乌齐，乃东，琼结，贡嘎，朗县，达孜，日喀则*，噶尔*。

第三组：南木林，班戈，浪卡子，墨竹工卡，曲水，安多，聂荣。

5　抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

第一组：改则，措勤，仲巴，定结，芒康。

第二组：昌都，定日，萨迦，岗巴，巴青，工布江达，索县，比如，嘉黎，察雅，左贡，察隅，江达，贡觉。

6 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

第一组：革吉。

A.0.24 陕西省

1 抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.20g：

第一组：西安（8个市辖区），渭南，华县，华阴，潼关，大荔。

第二组：陇县。

2 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15g：

第一组：咸阳（3个市辖区），宝鸡，（2个市辖区），高陵，千阳，岐山，凤翔，扶风，武功，兴平，周至，眉县，宝鸡县，三原，富平，澄城，蒲城，泾阳，礼泉，长安，户县，蓝田，韩城，合阳。

第二组：凤县。

3 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

第一组：安康，平利，乾县，洛南。

第二组：白水，耀县，淳化，麟游，永寿，商州，铜川（2个市辖区）*，柞水*。

第三组：太白，留坝，勉县，略阳。

4 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

第一组：延安，清涧，神木，佳县，米脂，绥德，安塞，延川，延长，定边，吴旗，志丹，甘泉，富县，商南，旬阳，紫阳，镇巴，白河，岚皋，镇坪，子长*。

第二组：府谷，吴堡，洛川，黄陵，旬邑，洋县，西乡，石泉，汉阴，宁陕，汉中，南郑，城固。

第三组：宁强，宜川，黄龙，宜君，长武，彬县，佛坪，镇安，丹凤，山阳。

A.0.25 甘肃省

1 抗震设防烈度不低于9度、设计基本地震加速度值不小

于 0.40g：

第二组：古浪。

2　抗震设防烈度为 8 度、设计基本地震加速度值为 0.30g：

第一组：天水（2 个市辖区），礼县，西和。

3　抗震设防烈度为 8 度、设计基本地震加速度值为 0.20g：

第一组：宕昌，文县，肃北，武都。

第二组：兰州（5 个市辖区），成县，舟曲，徽县，康县，武威，永登，天祝，景泰，靖远，陇西，武山，秦安，清水，甘谷，漳县，会宁，静宁，庄浪，张家川，通渭，华亭。

4　抗震设防烈度为 7 度、设计基本地震加速度值为 0.15g：

第一组：康乐，嘉峪关，玉门，酒泉，高台，临泽，肃南。

第二组：白银（2 个市辖区），永靖，岷县，东乡，和政，广河，临谭，卓尼，迭部，临洮，渭源，皋兰，崇信，榆中，定西，金昌，两当，阿克塞，民乐，永昌。

第三组：平凉。

5　抗震设防烈度为 7 度、设计基本地震加速度值为 0.10g：

第一组：张掖，合作，玛曲，金塔，积石山。

第二组：敦煌，安西，山丹，临夏，临夏县，夏河，碌曲，泾川，灵台。

第三组：民勤，镇原，环县。

6　抗震设防烈度为 6 度、设计基本地震加速度值为 0.05g：

第二组：华池，正宁，庆阳，合水，宁县。

第三组：西峰。

A.0.26　青海省

1　抗震设防烈度为 8 度、设计基本地震加速度值为 0.20g：

第一组：玛沁。

第二组：玛多，达日。

2　抗震设防烈度为 7 度、设计基本地震加速度值为 0.15g：

第一组：祁连，玉树。

第二组：甘德，门源。

3 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

第一组：乌兰，治多，称多，杂多，囊谦。

第二组：西宁（4个市辖区），同仁，共和，德令哈，海宴，湟源，湟中，平安，民和，化隆，贵德，尖扎，循化，格尔木，贵南，同德，河南，曲麻莱，久治，班玛，天峻，刚察。

第三组：大通，互助，乐都，都兰，兴海。

4 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

第二组：泽库。

A.0.27 宁夏自治区

1 抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.30g：

第一组：海原。

2 抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.20g：

第一组：银川（3个市辖区），石嘴山（3个市辖区），吴忠，惠农，平罗，贺兰，永宁，青铜峡，泾源，灵武，陶乐，固原。

第二组：西吉，中卫，中宁，同心，隆德。

3 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15g：

第三组：彭阳。

4 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

第三组：盐池。

A.0.28 新疆自治区

1 抗震设防烈度不低于9度、设计基本地震加速度值不小于0.40g：

第二组：乌恰，塔什库尔干。

2 抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.30g：

第二组：阿图什，喀什，疏附。

3 抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.20g：

第一组：乌鲁木齐（7个市辖区），乌鲁木齐县，温宿，阿克苏，柯坪，米泉，乌苏，特克斯，库车，巴里坤，青河，富蕴，乌什*。

第二组：尼勒克，新源，巩留，精河，奎屯，沙湾，玛纳

斯，石河子，独山子。

第三组：疏勒，伽师，阿克陶，英吉沙。

4 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15g：

第一组：库尔勒，新和，轮台，和静，焉耆，博湖，巴楚，昌吉，拜城，阜康*，木垒*。

第二组：伊宁，伊宁县，霍城，察布查尔，呼图壁。

第三组：岳普湖。

5 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

第一组：吐鲁番，和田，和田县，昌吉，吉木萨尔，洛浦，奇台，伊吾，鄯善，托克逊，和硕，尉犁，墨玉，策勒，哈密。

第二组：克拉玛依（克拉玛依区），博乐，温泉，阿合奇，阿瓦提，沙雅。

第三组：莎车，泽普，叶城，麦盖提，皮山。

6 抗震设防烈度为6度、设计基本地震加速度值为0.05g：

第一组：于田，哈巴河，塔城，额敏，福海，和布克赛尔，乌尔禾。

第二组：阿勒泰，托里。民丰，若羌，布尔津，吉木乃，裕民，白碱滩。

第三组：且末。

A.0.29 港澳特区和台湾省

1 抗震设防烈度不低于9度、设计基本地震加速度值不小于0.40g：

第一组：台中。

第二组：苗栗，云林，嘉义，花莲。

2 抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.30g：

第二组：台北，桃园，台南，基隆，宜兰，台东，屏东。

3 抗震设防烈度为8度、设计基本地震加速度值为0.20g：

第二组：高雄，澎湖。

4 抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.15g：

第一组：香港。

5　抗震设防烈度为7度、设计基本地震加速度值为0.10g：

第一组：澳门。

附录B 有盖矩形水池考虑结构体系的空间作用时水平地震作用效应标准值的确定

B.0.1 有盖的矩形水池，当符合本规范6.2.7要求时，可将水池结构简化为若干等代框架组成，每榀等代框架所受的地震作用，通过空间作用，由顶盖传至周壁共同承担。

B.0.2 各榀等代框架所承受的地震作用及其作用效应（内力），可按下列方法确定：

1 先按本规范第6.2.1、6.2.3及6.2.4条规定，计算各项水平地震作用标准值，并折算到每榀等代框架上；

2 在等代框架顶端加设限制侧移的链杆，计算等代框架在水平地震作用下的内力，并求出附加链杆的反力 R；

3 根据矩形水池的长、宽比 $\left(\frac{L}{B}\right)$ 及顶盖结构构造，按附表B.0.2确定地震作用折减系数 η_r，将链杆反力 R 折减为 $\eta_r R$；

4 将 $\eta_r R$ 反方向作用于等代框架顶部，计算等代框架的内力；

5 将上述第2、4项计算所得的等代框架内力叠加，即为考虑空间作用时，等代框架在水平地震作用下所产生的作用效应（内力）。

表B.0.2 水平地震作用折减系数 η_r（%）

水池顶盖结构构造	水池长宽比 $\frac{L}{B}$								
	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0
现浇钢筋混凝土	6	7	9	11	12	14	21	28	47
预制装配钢筋混凝土	9	12	14	17	21	25	35	47	70

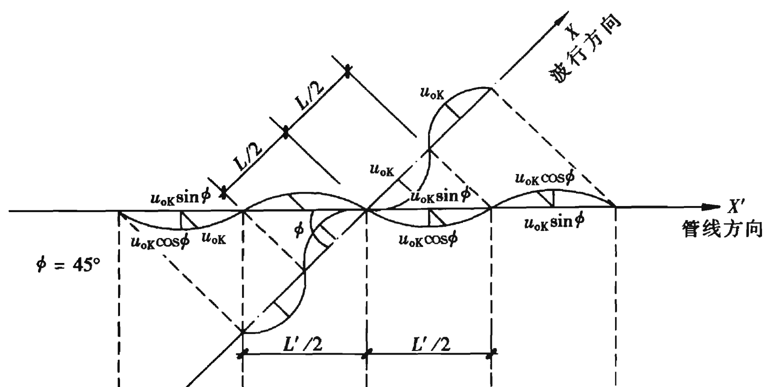
B.0.3 对于大容量的水池，结构的长度或宽度上，或两个方向

上设有变形缝时，在变形缝处应设置抗侧力构件。此时考虑空间作用应取变形缝间的水池结构作为计算单元，等代框架两侧的抗侧力构件及其刚度，应根据计算单元的具体构造确定，在水平地震作用下的作用效应计算方法，可参照 B.0.2 进行。

附录C 地下直埋直线段管道在剪切波作用下的作用效应计算

C.1 承插式接头管道

C.1.1 地下直埋直线段管道沿管轴向的位移量标准值，可按下列公式计算（图C.1.1）：



图C.1.1 地下管道计算简图

管道在行波作用下，管道敷设处自由土体的变位

$$\Delta_{pl,k} = \zeta_1 \Delta'_{sl,k} \tag{C.1.1-1}$$

$$\Delta'_{sl,k} = \sqrt{2}\,U_{0k} \tag{C.1.1-2}$$

$$\zeta_t = \frac{1}{1 + \left(\frac{2\pi}{L}\right)^2 \frac{EA}{K_1}} \tag{C.1.1-3}$$

式中 $\Delta_{pl,k}$——在剪切波作用下，管道沿管线方向半个视波长范围内的位移标准值（mm）；

$\Delta'_{sl,k}$——在剪切波作用下，沿管线方向半个视波长范围

内自由土体的位移标准值（mm）；

ζ_t——沿管道方向的位移传递系数；

E——管道材质的弹性模量（N/mm^2）；

A——管道的横截面面积（mm^2）；

K_1——沿管道方向单位长度的土体弹性抗力（N/mm^2），可按 C.1.2 确定；

L——剪切波的波长（mm）；可按 C.1.3 确定；

U_{0k}——剪切波行进时管道埋深处的土体最大位移标准值（mm）；可按 C.1.4 确定。

C.1.2 沿管道方向的土体弹性抗力，可按下式计算：

$$K_1 = u_p k_1 \tag{C.1.2}$$

式中 u_p——管道单位长度的外缘表面积（mm^2/mm）；对无刚性管基的圆管即为 πD_1（D_1 为管外径）；当设置刚性管基时，即为包括管基在内的外缘面积；

k_1——沿管道方向土体的单位面积弹性抗力（N/mm^3），应根据管道外缘构造及相应土质试验确定，当无试验数据时，一般可采用 $0.06N/mm^3$。

C.1.3 剪切波的波长可按下式计算：

$$L = V_{sp} T_g \tag{C.1.3}$$

式中 V_{sp}——管道埋设深度处土层的剪切波速（mm/s），应取实测剪切波速的 2/3 值采用；

T_g——管道埋设场地的特征周期（s）。

C.1.4 剪切波行进时管道埋深处的土体最大水平位移标准值，可按下式确定：

$$U_{0k} = \frac{K_H g T_g}{4\pi^2} \tag{C.1.4}$$

C.1.5 地下直埋承插式圆形管道的结构抗震验算应满足本规范 5.5.2 的要求。管道各种接头方式的单个接头设计允许位移量 [U_a]；可按表 C.1.5 采用；半个剪切波视波长度范围内的管道

接头数量（n），可按下式确定：

$$n=\frac{V_{sp}T_g}{\sqrt{2}l_p} \tag{C.1.5}$$

式中 l_p——管道的每根管子长度（mm）。

表 C.1.5 管道单个接头设计允许位移量 $[U_a]$

管道材质	接头填料	$[U_a]$（mm）
铸铁管（含球墨铸铁）、PC 管	橡胶圈	10
铸铁、石棉水泥管	石棉水泥	0.2
钢筋混凝土管	水泥砂浆	0.4
PCCP	橡胶圈	15
PVC、FRP、PE 管	橡胶圈	10

C.1.6 地下矩形管道变形缝的单个接缝设计允许位移量，当采用橡胶或塑料止水带时，其轴向位移可取 30mm。

C.2 整体焊接钢管

C.2.1 焊接钢管在水平地震作用下的最大应变量标准值可按下式计算；

$$\varepsilon_{sm,k}=\zeta_t U_{0k}\frac{\pi}{L} \tag{C.2.1}$$

C.2.2 焊接钢管的抗震验算应符合本规范 5.5.3 及 5.5.4 规定的要求。

C.2.3 钢管的允许应变量标准值，可按下式采用：

1 拉伸 $$[\varepsilon_{at,k}]=1.0\% \tag{C.2.3-1}$$

2 压缩 $$[\varepsilon_{ac,k}]=0.35\frac{t_p}{D_1} \tag{C.2.3-2}$$

式中 $[\varepsilon_{at,k}]$——钢管的允许拉应变标准值；

$[\varepsilon_{ac,k}]$——钢管的允许压应变标准值；

t_p——管壁厚；

D_1——管外径。

本规范用词说明

1　为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”，

3）对表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”或“可”，反面词采用“不宜”。

2　指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”“应按……执行”。非必须按所指定的标准、规范或其他规范执行时，写法为“可参照……”。

中华人民共和国国家标准

室外给水排水和燃气热力工程 抗震设计规范

GB 50032—2003

条 文 说 明

修 订 总 说 明

本规范修订中，主要做了如下的修改和增补：

1. 根据给水、排水、燃气、热力工程的特点，使之符合“小震不坏、中震可修、大震不倒”的抗震设防要求，并与常规结构设计采用的以概率统计为基础的极限状态设计模式相协调。

2. 对设计反应谱、场地划分、液化土判别等抗震设计的一系列基础性数据，做了全面修订，与我国现行《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001 等协调一致。

3. 对设防烈度为 9 度（一般为震中）地区，增补了应进行竖向地震作用的抗震验算；对盛水构筑物的动水压力，增补了考虑长周期地震波动的影响。

4. 对贮气构筑物中的球罐和卧罐，修改了地震作用计算公式，以使与《构筑物抗震设计规范》GB50191 协调一致。

5. 将各种功能的泵房结构独立成章，增补了对地下水取水泵房的地震作用计算规定；并对埋深较大的泵房，规定了考虑结构与土共同工作的计算方法。

6. 增补了自承式架空管道的地震作用计算规定。

7. 对地下直埋管的抗震验算，修改了位移传递系数的确定，使之与国际接轨。

8. 根据新修订的《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001，其内容中已删去“水塔”抗震，为此将其纳入本规范中。在确定“水塔”地震作用时，对水柜中的贮水，分别考虑了脉冲质量和对流振动质量，并对抗震措施做了若干补充，方便工程应用。

目　次

1 总　　则

1.0.1 本条是编制本规范的目的和设防要求。阐明了本规范的编制是以“地震工作要以预防为主”作为基本指导思想，达到减轻地震对工程设施的破坏程度，保障工作人员和生产安全的目的。

1.0.2 本条规定体现了抗震设防三个水准的要求：“小震不坏，中震可修，大震不倒”。即当遭遇低于设防烈度的地震影响时，结构基本处于弹性工作状态，不需修理仍能保持其正常使用功能；当遭遇本地区设防烈度的地震影响时，给水、排水、燃气和热力工程中的各类构筑物的损坏仅可能出现在非主要受力构件，主要受力构件不需修理或经一般修理后仍能继续生产运行；当遭遇高于本地区设防烈度一度时，相当于遭遇大震（50年超越概率2%～3%），此时构筑物符合抗震设计基本要求，通过概念设计的控制并满足抗震构造措施，即可避免严重震害，不致发生倒塌或大量涌水危及工作人员生命安全。

给水、排水、燃气和热力工程的管网，是城市生命线工程的主体，涉及面广，沿线地基土质情况、场地条件多变，由此遭遇的地震影响各异，很难确保完全避免震害。本规范立足于尽量减少损坏，并通过抗震构造措施，当局部发生损坏时，不致造成严重次生灾害，并便于抢修，迅速恢复运行。

1.0.3 本条阐明本规范的适用范围。适用的地震烈度区，除设防烈度7～9度地区外，还增加了6度区，主要是依据当前国家有关政策规定拟定的，同时也和现行国家标准《建筑抗震设计规范》等协调一致。

1.0.6 本条阐明了抗震设防的基本依据。明确在一般情况下可采用现行中国地震动参数区划图规定的基本烈度作为设防烈度。

同时根据其说明书提到："由于编图所依据的基础资料、比例尺和概率水平所限，本区划图不宜作为重大工程和某些可能引起严重次生灾害的工程建设的抗震设防依据"。即当厂站占地大、场地条件复杂时，按区划基本烈度进行抗震设计可能导致较大误差。为了使抗震设计尽量符合实际情况，很多大的工程建设和某些地震区城市均有针对性地做了抗震设施区划，经审查确认批准后，该区划所提供的设防烈度和地震动参数可作为抗震设计依据。

1.0.7 本条针对给水、排水、燃气和热力工程系统中的一些关键部位设施，在抗震设计时应加强其抗震能力，并明确了加强方法可从抗震措施上着手，即可按本地区设防烈度提高一度采取抗震措施；当设防烈度为9度时，则可在相应9度烈度抗震措施的基础上适当予以加强。

本条规定主要考虑到这些工程设施，均系城市生命线工程的重要组成部分，一旦遭受地震后严重损坏，将导致城市赖以运行的生命线陷于瘫痪，酿成严重次生灾害（二次灾害）或危及人民生命安全。例如给水工程中的净水厂、水处理构筑物、变电站、进水和输水泵房及氯库等，前者决定着有否供水能力，后者氯毒外泄有害生命；排水工程中除对污水处理厂设施应防止震害导致污染第二次灾害外，还有道路立交排水泵房，当遭遇严重损坏无法正常使用时，将导致立交路口雨水集中不能及时排除而中断交通，1976年唐山地震后适逢降大雨，正是由于立交路口积水过深阻断交通，给震后抢救工作带来很大困难，因此从次生灾害考虑，对这类泵房的抗震能力有必要适当提高；类似这种情况，对燃气工程系统中一些关键部位设施，如加压站、高中压调压站以及相应的配电室等，均应尽量减少次生灾害，适当提高抗震能力。

1.0.8 本条提出了对位于设防烈度为6度区的工程设施的抗震要求，即可以不做抗震计算，但在抗震措施方面符合7度的要求即可。

1.0.9 在给水、排水、燃气、热力工程的厂站中，其厂前区通常均设有综合办公楼、化验室及其他单宿、食堂等附属建筑物，本条文明确对于这类建筑物的抗震设计要求，应按《建筑抗震设计规范》执行；同时在水源工程中还会遇到挡水坝等中、小型水工建筑物，在燃气、热力工程中尚有些工业构筑物及设备，条文同样明确了应按现行的《水工建筑物抗震设计规范》SDJ110 和《构筑物抗震设计规范》GB50191 执行，本规范不再转引。

3 抗震设计的基本要求

3.1 规划与布局

3.1.1～3.1.3 这些条文的要求，基本上沿用了原规范的规定。

主要考虑到给水、排水、燃气和热力工程设施是城市生命线工程的重要组成部分，一旦受到震害严重损坏后，将影响城市正常运转，给居民生活造成困难，工业生产和国家财产受到大量损失。在强烈地震时，往往由于场地、地基等因素的影响，城市中各个区域的震害反映是不等同的，例如1975年我国辽南海城地震时，7度区鞍山市的震害，以铁西区最为突出；1976年河北唐山地震时，唐山路南区受灾甚于路北区，天津市以和平区最为严重。因此，首先应该从整体城市建设方面做出合理的规划，地震区城市中的给水水源、燃气气源、热力热源和相应输配管网亟需统筹规划，合理布局，排水管网及污水处理厂的分区布局、干线沟通等筹划，这是提高城市建设整体抗震能力、力求减少震害、次生灾害的基本措施。

3.2 场地影响和地基基础

3.2.1，3.2.2 条文提出的要求，均沿用原规范的规定。

主要考虑到历次烈震中工程设施的震害反映，建设场地的影响十分显著，在有条件时宜尽量避开对抗震不利的措施，并不应在危险的场地建设，这样做可以确保工程设施的安全可靠，同时也可减少工程投资，提高工程设施的投资效益。

3.2.3 本条对位于Ⅰ类场地上的构筑物，规定了在抗震措施方面可以适当降低要求，即可按建设地区的设防烈度降低一度采用，但在抗震计算时不能降低。主要考虑到Ⅰ类场地的地震动力反应较小，而给水、排水、燃气、热力工程中的各类构筑物一般

整体性较好，可以不需要做进一步加强，即可满足要求。同时对设防烈度为6度区的构筑物，规定了不宜再降低，还是应该定位在地震区建设的范畴，符合必要的抗震措施要求。

3.2.4 条文对地基和基础的抗震设计提出了总体要求。首先指出当工程设施的地震受力层内存在液化土时，应防止可能导致地基承载力失效；当存在软弱土层时，应防止震陷或显著不均匀沉降，导致工程设施损坏或影响正常运转（例如一些水质净化处理水设备等)。同时条文还规定了当对液化土和软弱粘性土进行必要的地基处理后，还有必要采取措施加强各类构筑物基础的整体性和刚度，主要考虑到地基处理比较复杂，很难做到完全消除地基变形和不均匀沉降。

此外，条文对各类构筑物基础的设计高程和构造提出了要求。当同一结构单元的构筑物不可避免设置在性质截然不同的地基土上时，应考虑到地基震动形态的差异，为此要求在相应部位的结构上设置防震缝分离或通过加设垫褥地基，以消除结构遭致损坏。与此相类似情况，同一结构单元的构筑物，宜采用同一结构类型的基础，不宜混用天然地基和人工地基。

结合给水、排水工程中经常遇到的情况，构筑物的基础高程由于工艺条件存在不同高差，对此，条文要求这种情况的基础宜缓坡相连，以免地震时产生滑移而导致结构损坏。

3.3 地震影响

3.3.1 对工程抗震设计，如何反映地震作用影响，本条明确了应以相应抗震设防烈度的设计基本地震加速度和设计特征周期作为表征。对已编制抗震设防区划的地区或厂站，则可按批准确认的抗震设防烈度或抗震设计地震动参数进行抗震设防。

3.3.2 本条给定了抗震设防烈度和设计基本地震加速度的对应关系，这些数据与原规范是一致的，只是根据新修订的《中国地震动参数区划图 A_1》，在地震动峰值加速度 $0.1g$ 和 $0.2g$ 之间存在 $0.15g$ 区域，$0.2g$ 和 $0.4g$ 之间存在 $0.3g$ 区域。条文明确规

定了该两个区域内的工程设施，其抗震设计要求应分别与7度和8度地区相当。

3.3.3 条文针对设计特征周期，即设计所用的地震影响系数特征周期（T_g）的确定，按工程设施所在地的设计地震分组和场地类别给出了规定。主要是根据实际震害反应，在同一影响烈度条件下，远震和近震的影响不同，对高柔结构、贮液构筑物、地下管线等工程设施，远震长周期的影响更甚，为此条文将设计地震分为三组，更好地反映震中距的影响。

3.3.4 条文明确了以附录A给出我国主要城镇中心区的抗震设防烈度、设计基本地震加速度和相应的设计地震分组，便于工程抗震设计应用。

3.4 抗震结构体系

3.4.1 本条是对抗震设计提出的总体要求。根据国内外历次强烈地震中的震害反映，对构筑物的结构体系和管网的结构构造，应综合考虑其使用功能、结构材质、施工条件以及建设场地、地基地质等因素，通过技术经济综合比较后选定。

3.4.2、3.4.3 条文对构筑物的工艺设计提出了要求。工艺设计对结构抗震性能影响显著，平、立面布置不规则，质量和刚度变化较大时，将导致结构在地震作用下产生扭矩，对结构体系的抗震带来困难，因此条文要求尽量避免。当不可避免时，则宜将构筑物的结构采用防震缝分割成若干规则的结构单元，避免造成震害。对设置防震缝确有困难时，条文要求应对结构体系进行整体分析，并对其薄弱部位采取恰当的抗震构造措施。

针对建筑物这方面的抗震规定，条文明确应按《建筑抗震设计规范》GB50011执行。

3.4.4 本条要求结构分析的计算简图应明确，并符合实际情况；在水平地震作用下具有合理的传递路线；充分发挥地基逸散阻尼对上部结构的减震效果。

同时要求在结构体系上尽量具有多道抗震防线，例如尽可能

具备结构体系的空间工作和超静定作用，藉以提高结构的抗震能力，避免部分结构或构件破坏导致整个结构体系丧失承载力。此外，针对工艺要求往往形成结构上的削弱部位，将是抗震的薄弱部位，应加强其构造措施，使同一单元的结构体系，具有良好的整体性。

3.4.5 本条对钢筋混凝土结构构件提出的要求，主要是改善其适应变形的性能。对钢结构应注意在地震作用下（水平向及竖向）防止局部或整体失稳，合理确定其构件的截面尺寸。

同时，条文还对各类构件的节点连接提出了要求，除满足承载力外，尚应符合加强结构的整体性，以求获得结构体系的整体空间作用效果，提高结构的抗震能力。

对地下管道结构的要求，不同于构筑物，管道为一线状结构，管周覆土形成很大的阻尼，管道结构的振动特性可以忽略，主要随地震时剪切波的行进形态而变位，不可能以单纯加强管道结构的刚度达到抗震目的，为此条文提出在管道与构筑物、设备的连接处，应予妥善处理，既要防止管道本身损坏，又要避免由于管道变位（瞬时拉、压）造成设备损坏（唐山地震中就发生过多起事故），因此该连接处应在管道上设置柔性连接接头，但可以离开一定的距离（根据管线的布置确定），以使在柔性接头与设备等之间尚可设置止推（拉）的构造措施。

3.5 非结构构件

3.5.1～3.5.4 非承重受力构件遭受震害破坏，往往引起二次灾害，砸坏设备，甚至砸伤工作人员，对震后的生产正常运行和人民生命造成祸害，为此条文要求进行抗震设计并加强其抗震措施。

3.6 结构材料与施工

3.6.2～3.6.3 在水工业工程中，通常应用混凝土和砌体材料，当承受地震作用时，一般对材料的抗拉、抗剪强度要求较高，过

低的混凝土等级或砂浆等级（砌体结构主要与灰缝强度有关）对抗震不利，为此条文提出了低限的要求。

3.6.4 本条要求主要是从控制混凝土构件的延性考虑，规定在施工过程中对原设计的钢筋不能以屈服强度更高的钢材直接简单地替代。

3.6.5 构筑物基础或地下管道坐落在肥槽回填土，在厂站工程中经常会遇到，此时有必要控制好回填土的密实度；地震时密实度不够的回填土将会出现震陷，从而损坏结构。为此条文规定了对回填土压实密度的要求。

3.6.6 混凝土构筑物和管道的施工缝，通常是结构的关键部位，接茬质量不佳就会形成薄弱部位，当承受水平地震作用时，施工缝处的连接质量尤为重要，因此条文规定了最低限度应做到的要求。条文还针对有在施工缝处放置非胶结材料的做法作了限制，这种处理虽对该处防止渗水有一定作用，但却削弱了该处的截面强度（尤其是抗剪），对抗震不利。

4 场地、地基和基础

4.1 场　　地

本节内容包括场地类别划分方法及其所依据的指标、地下断裂对工程建设的影响评价、局部突出地形对地震动参数的放大作用等，条文对此所做出的规定，均系按照我国《建筑抗震设计规范》GB50011（最新修订的版本）的要求引用。这样对工程抗震设计的基础数据和条件方面，在我国保持协调一致。

4.2 天然地基和基础

本节内容除保留原规范的规定外，补充了对基些构筑物的稳定验算要求，例如厂站中的地面式敞口水处理池，不少情况会采用分离式基础，墙体结构成为独立挡水墙，此时在水平地震作用下应进行抗滑稳定验算；同时规定水平向土抗力的取值不应大于被动土压力的1/3，避免过多利用土的被动抗力导致过大变位。

4.3 液化土和软土地基

4.4 桩　　基

这两节的内容和规定，基本上按《建筑抗震设计规范》GB50011的要求引用。其中对管道结构的抗液化沉陷，系针对管道结构和功能的特点，补充了如下规定：

1. 管道组成的网络结构在城市中密布，涉及面广，通过液化土地段的沉陷量及其可能出现的不均匀沉陷，很难准确预计，管道能否完全免除震害难以确认；据此对输水、气和热力管道，考虑到遭受震害损坏后次生灾害严重，规定应采用钢管敷设，钢管的延性较好，同时还立足于抢修方便。

2. 对采用承插式接口的管道，要求采用柔性接口以此适应

地震波动位移和震陷，达到免除或减少震害。

3. 对矩形管道和平口连接的钢筋混凝土预制管管道，从采用钢筋混凝土结构和沿线设置变形缝（沉降缝）两方面做了规定；前者增加管道结构的整体性，后者用以适应波动位移和震陷。

4. 对架空管道规定了应采用钢管，同时设置适量的可挠性连接，用以适应震陷并便于抢修。

5　地震作用和结构抗震验算

5.1　一　般　规　定

5.1.1　本条对给水、排水、燃气、热力工程各类厂站中构筑物的地震作用，规定了计算原则，其中，对污水处理厂中的消化池和各种贮气罐，提出了当设防烈度为9度时，应计算竖向地震作用的影响，前者考虑到壳型顶盖的受力条件；后者罐体的连接件的强度。这些部位均属结构上的薄弱环节，在震中地区承受竖向拉、压应有足够的强度，避免震害损坏导致次生灾害。

5.1.2　本条关于各类构筑的抗震计算方法的规定，沿用了原规范的要求。

5.1.3　本条对埋地管道结构的抗震计算模式，沿用了原规范的规定。同时补充了对架空管道结构的抗震计算方法的规定。

5.1.4　本条系根据《工程结构设计统一标准》的原则规定和原规范的规定，对计算地震作用时构筑物的重力荷载代表值提出了统一要求。

5.1.5～5.1.7　条文对于抗震设计反应谱的规定，系按《建筑抗震设计规范》GB50011的规定引用，这样也可在抗震设计基本数据上取得协调一致。

5.1.8　本条对构筑物的自振周期的取值做了规定。构筑物结构的实测振动周期，通常是在脉动或小振幅振动的条件下测得，而当遭遇地震强烈振动时，结构的阻尼作用将减少，相应的振动周期加长，因此条文规定当根据实测周期采用时，应予以适当加长。

5.1.9　当考虑竖向地震作用时，竖向地震影响系数的最大值，国内外取值不尽相同，条文规定系根据国内统计数据，即取水平地震影响系数最大值的65%作为计算依据。

5.1.10 埋地管道结构在水平地震作用下，通常需要应用水平地震加速度计算管道的位移或应力，据此条文规定了相应设防烈度的水平地震加速度值。此项取值沿用了原规范的规定，同时也和国内其他专业的抗震设计规范的规定协调一致。

5.1.11 本条对各类构筑物和管道结构的抗震验算，做了原则规定。即当设防烈度为 6 度或有关章节规定可不做抗震验算的结构，在抗震构造措施上，仍应符合本规范规定的要求。对埋地管道，当采用承插式连接或预制拼装结构时，在地震作用下应进行变位验算，因为大量震害反映，这类管道结构的震害通常多发生在连接处变位过量，从而导致泄漏，甚至破坏。对污泥消化池等较高的构筑物和独立式挡墙结构，除满足强度要求外，尚应进行抗震稳定验算，以策安全。

5.2 构筑物的水平地震作用和作用效应计算

本节内容分别对水平地震作用下的基底剪力法和振型分解法的具体计算方法，给出了规定，基本上沿用了原规范的要求。当考虑构筑物两个或两个以上振型时，其作用效应标准值由各振型提供的分量的平方和开方确定。

5.3 构筑物的竖向地震作用计算

本节对构筑物的竖向地震作用计算做了具体规定。通常竖向地震的第一振型振动周期是很短的，其相应的地震影响系数可取最大值。对湿式燃气罐的第一振型可确定为线性变化，故条文规定其竖向地震作用可按竖向地震影响系数的最大值与第一振型等效质量的乘积计算；相应对于其他长悬臂结构等，均可直接按这一原则进行计算。

5.4 构筑物结构构件截面抗震强度验算

本节规定了构筑物结构构件截面的抗震强度验算。其中关于荷载（作用）分项系数的取值，考虑了与常规设计协调，对永久

作用取 1.20，可变作用取 1.40；对地震作用的分项系数与《建筑抗震设计规范》协调一致，由此相应的承载力抗震调整系数一并引入。

5.5 埋地管道的抗震验算

5.5.1 本条规定了埋地管道地震作用的计算原则，同时明确可不计地震动引起管道内的动水压力。因为在常规设计中，需要考虑管道运行中可能出现的残余水锤作用，此值一般取正常运行压力的 40%～50%，而强烈地震与残余水锤同时发生的几率极小，因此可以不再计入地震动引起的管内动水压力。

5.5.2 本条规定了承插式接头埋地圆管的抗震验算要求。地震作用引起的管道位移，对承插接头的圆管，由于接口是薄弱环节，位移量将由管道接头来承担，如果接头的允许位移不足，就会形成泄漏、拔脱等震害，这在国内外次强烈地震中多有反映。为此条文规定具体验算条件，应满足（5.5.2）式，其中采用了数值小于 1.0 的接头协同工作系数，主要考虑到虽然管道上的接头在顺应地震动位移时都会发挥作用，但也不可能每个接头的允许位移量都能充分发挥，因此必须给予一定的折减。对接头协同工作系数取 0.64，与原规范保持一致。

5.5.3～5.5.4 对整体连接的埋地管道，例如焊接钢管等，条文给出了验算方法，以验算管道结构的应变量控制，对钢管可考虑其可延性，允许进入塑性阶段，与国外标准协调一致。

6 盛水构筑物

6.1 一般规定

本节内容基本上保持了原规范的规定，补充明确了当设防烈度为8度和9度时，不应采用砌体结构，主要考虑到砌体结构的抗拉强度低，难以满足抗震要求，如果执意加厚截面厚度或加设钢筋，也将是不经济的，不如采用钢筋混凝土结构，提高其抗震能力，稳妥可靠。

此外，结合当前大型水池和双层盛水构筑物的兴建，对不需进行抗震验算的范围，做了修正和补充；并对位于9度地区的盛水构筑物明确了计算竖向地震作用的要求，提高抗震安全。

6.2 地震作用计算

本节内容基本上保持了原规范的规定，仅对设防烈度为9度时，补充了顶盖和内贮水的竖向地震作用计算，其中在竖向地震作用下的动水压力标准值，系根据美国A.S.Veletsos和国内的研究报告给出。此外，还对水池中导流墙，规定了需进行水平地震作用的验算要求。

6.3 构造措施

本节内容除保持了原规范的要求外，补充了下列规定：

1.对位于Ⅲ、Ⅳ类场地上的有盖水池，规定了在运行水位基础上池壁应预留的干弦高度。这是考虑到在长周期地震波的影响下，池内水面可能会出现晃动，此时如干弦高度不足将形成真空压力，顶盖受力剧增。条文对此项液面晃动影响，主要考虑长周期地震的作用，9度通常为震中，7度的影响有限，为此仅对

8度Ⅲ、Ⅳ类场地提出了干弦高度的要求。根据理论计算，由于水的阻尼很小，液面晃动高度会是很高的，考虑到地震毕竟发生几率很小，不宜过于增加投资，因此只是按照计算数值，给定了适当提高干弦高度的要求，即允许顶盖出现部分损坏，例如裂缝宽度超过常规设计的规定等。

2. 对水池内导流墙，须要与立柱或池壁连接，又需要避免立柱在干弦高度内形成短柱，不利于抗震，为此条文提出应采取有效措施，符合两方面的要求。

7 贮 气 构 筑 物

本章内容基本上保持了原规范的规定，仅就下列内容做了补充和修改：

1. 增补了竖向地震作用的计算规定；

2. 对球罐和卧罐的水平地震作用计算规定，按《构筑物抗震设计规范》GB50191 的相应内容做了修改，以使协调一致，但明确了在计算地震作用时，应取阻尼比 $\zeta=0.02$；

3. 对湿式贮气罐的环形水槽动水压力系数做了修改，即使在计算式中不再出现原规范引用的结构系数 C 值，因此将 C 值归入动水压力系数中，这样计算结果保持了原规范中的规定。

8 泵　房

8.1 一般规定

8.1.1 在给水、排水、燃气、热力工程中，各种功能的泵房众多，根据工艺要求泵房的体型、竖向高程设计各不相似，条文明确了本章内容对这些泵房的抗震验算等均可适用。

8.1.2 在历次强烈地震中，提升地下水的取水井室（泵房型式的一种）当地下部分大于地面以上结构高度时，在6度、7度区并未发生过震害损坏。主要是这种井室体型不大，结构构造简单、整体刚度较好，当埋深较大时动力效应较小，因此条文规定只需符合相应的抗震构造措施，可不做抗震验算。

8.1.3 卧式泵和轴流泵的泵房地面以上结构，其结构型式均与工业民用建筑雷同，因此条文明确应直接按《建筑抗震设计规范》GB50011的规定执行。

8.1.4 本条要求保持了原规范的规定。

8.2 地震作用计算

本节主要对地下水取水井室的地震作用计算做了规定。这类取水泵房在唐山地震中受到震害众多，一旦损坏，水源断绝，给震后生活、生产造成很大的次生灾害。

条文对位于Ⅰ、Ⅱ类场地的井室结构，规定了仅可对其地面以上部分结构计算水平地震作用，并考虑结构以剪切变形为主。对位于Ⅲ、Ⅳ类场地的井室结构，则规定应对整个井室进行地震作用计算，但可考虑结构与土的共同作用，结构所承受的地震作用随地下埋深而衰减。此时将结构视为以弯曲变形为主，并通过

有限元分析确定了衰减系数的具体数据。

8.3 构造措施

本节内容保持了原规范的各项规定。

9 水　　塔

本章内容原属《建筑抗震设计规范》GBJ 11—89 中的一部分，经新修订后，将水塔的抗震设计纳入本规范。

本章内容除保留了原规范拟定的抗震设计要求外，做了以下几方面的修订：

1　明确了水塔的水柜可不进行抗震计算，主要考虑支水柜通常的容量都不大，在历次强震中均未出现震害，损坏都位于水柜的支承结构。

2　修订了确定地震作用的计算公式，计入了在水平地震作用下，水柜内贮水的对流振动作用。地震动时，水柜内贮水将形成脉冲和对流两种运动形态，前者随结构一并振动，后者将产生水的晃动，两者的振动周期不同，因此应予分别计入。

3　在分别计算贮水的脉冲和对流作用时，考虑到贮水振动和结构振动的周期相差较大，两者的耦联影响很小，因此未予计入，简化了工程抗震计算。

4　在确定对流振动作用时，考虑到水的阻尼要远小于0.05，因此在确定地震影响系数 α 时，规定了可取阻尼比 $\zeta=0$。

5　水柜内贮水的脉冲质量约位于柜底以上 $0.38H_w$（水深）处，与对流质量组合后其总的动水压力作用将会提高，为简化计算，与结构重力荷载代表值的等效作用一并取在水柜结构的重心处。

6　在构造措施方面，对支承筒体的孔洞加强措施，做了进一步具体的补充。

10 管　道

10.1 一 般 规 定

10.1.1 本条明确了本章有关架空管道的规定，主要是针对给水、排水、燃气、热力工程中跨越河、湖等障碍的自承式钢管道，对其他非自承式架空管道则可参照执行。

10.1.2 条文规定对埋地管道主要应计算在水平地震作用下，剪切波所引起的管道变位或应力，相的剪切波速应为管道埋深一定范围内的综合平均波速，规定应由工程地质勘察单位提供自地面至管底不小于5m深度内各层土的剪切波速。

10.1.3 条文规定了对较大的矩形或拱形管道，除应验算剪切波引起的位移或应力外，尚应对其横截面进行抗震验算，即此时管道横截面上尚承受动土压力等作用，对较大的矩形或拱形管道不应忽视，唐山地震中的一些大断面排水矩形管道，就发生过多起横断面抗震强度不足的震害。

10.1.4 条文规定了对埋地管道可以不做抗震验算的几种情况，主要是根据历次强震中的反映和原规范的相应规定。

10.2 地震作用计算

本节内容规定了埋地和架空管道地震作用的计算方法。对架空管道可按单质点体系计算，在确定等代重力荷载代表值时，条文分别给出了不同结构型式架空管道的地震作用计算公式。

10.3 构 造 措 施

本节内容保持了原规范的各项规定。需要补充说明的是管道与机泵等设备的连接，从地震动考虑，管道在剪切波作用下将瞬

时产生接、压位移，造成对与之连接设备的损坏，唐山地震中多有发生（如汉沽取水泵房等），据此要求在该连接处应设置柔性可活动接头；而常规运行时，可能发生回水推力，该处需可靠连接，共同承受此项推力。据此本次修改时在 10.3.7、10.3.8 中，明确规定了针对这种情况，应在该连接管道上就近设置柔性连接，兼顾常规运行和抗震的需要。

附录B 有盖矩形水池考虑结构体系的空间作用时水平地震作用效应标准值的确定

本附录保持了原规范的内容。同时针对当前城市给水工程中清水池的池容量日益扩大，不少清水池结构由于超长而设置了温度变形缝，附录条文中规定了在变形缝处应设置抗侧力构件（框架、斜撑等），此时水平地震作用的作用效应计算方法完全一致，只是水池的边墙由该处的抗侧力构件替代，从而计算其水平地震作用折减系数 η_1 值。

附录C　地下直埋直线段管道在剪切波作用下的作用效应计算

1　计算模式及公式

地下直埋管道在剪切波作用下，如图C.1.6所示，在半个视波长范围内的管段，将随波的行进处于瞬时受拉、瞬时受压状态。半个视波长内管道沿管轴向的位移量标准值（Δ_{pl}）可按（C.1.1-1）式计算，即

$$\Delta_{pl} = \zeta_t \cdot \Delta_{sl} \qquad (C.1.1\text{-}1)$$

此式的计算模式系将管道视作弹性地基内的线状结构。ζ_t为剪切波作用下沿管轴向土体位移传递到管道上的传递系数，原规范对传递系数的取值系根据我国1975年海城营口地震和1976年唐山地震中承插式铸铁管的震害数据统计获得，这次修改时考虑到原规范统计数据毕竟很有限，为此对传递系数ζ_t值改用计算模式的理论解，即（C.1.1-3）式。

对管道位移量的计算，并非管道上各点的位移绝对值，而应是管道在半个视波长内的位移增量，这是导致管道损坏的主要因素。

2　计算参数

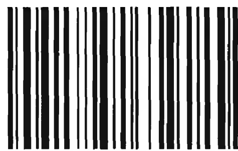
沿管道轴向土体的单位面积弹性抗力（K_1），当无实测数据时，给定可采用$0.06N/mm^3$，系引用日本高、中压煤气抗震设计规范所提供数据。从理论上分析，此值应与管道埋深有关，而且还应与管道外表面的构造、体型有关，很难统一取值，这里给出的采用值不是很确切的，必要时应通过试验测定。在无实测数据时，对K_1推荐采用统一常数，主要考虑到埋地管体均与回填土相接触，其误差不致很大。

关于管道单个接头的设计允许位移量［U_a］，系通过国内试

验测定获得的。该项专题试验研究，由北京市科委给予经费资助。

3　对焊接钢管这种整体连接管道，条文规定了可以直接验算在水平地震作用下的最大应变量，同时亦可与国内外有关钢管的抗震验算取得协调。对于钢管的允许应变量，考虑到在市政工程中钢管的材质多采用 Q235 钢，因此条文中的允许应变量系针对 Q235 给出。





统一书号：15112·17644
定　　价：**16.00**　元